PERIODICAL

Italy. Istit. Idrograf. Della R. Marina
Annali Idrograf.

Vol. 11

VOL. 11

LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS

DEC 13 1951

ANNALI IDROGRAFICI

RACCOLTA DI DOCUMENTI E NOTIZIE

CIRCA

L'IDROGRAFIA E LA NAVIGAZIONE

PUBBLICATI
PER CURA DELL'ISTITUTO IDROGRAFICO
DELLA R. MARINA

VOLUME UNDECIMO — ANNI 1923-1924

GENOVA
TIPOGRAFIA DELL'ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA R. MARINA

1927

Il presente volume XI degli Annali Idrografici, e il successivo volume XI bis, *contengono esclusivamente i risultati della Campagna Idrografica della R. N.* Ammiraglio Magnaghi *in Mar Rosso, compiuta negli anni 1923-24.*

Le Notizie Nautiche e Meteorologiche *e le* Note Varie *relative agli stessi anni, saranno pubblicate in seguito, nel volume XII, il quale conterrà altresì un indice dettagliato di tutte le materie contenute nei precedenti volumi.*

Genova, Marzo 1927.

IL CAPITANO DI VASCELLO
DIRETTORE
LORENZO MANCINI

INDICE

Campagna idrografica della R. N. *Ammiraglio Magnaghi* in mar Rosso, 1923-24:

Relazione generale — **Leopoldo Novaro** . . . . . Pag. 1

Ricerche di oceanografia fisica:

I Correnti e Maree — **F. Vercelli** . . . . . » 13

II Ricerche di ottica marina — **F. Vercelli** . . . . . » 209

III Condizioni meteorologiche durante la crociera — **F. Vercelli** . . » 267

Ricerche fisiche e idrografiche:

I Determinazioni astronomiche di coordinate geografiche — **M. Cugia** . » 293

II Determinazioni di gravità relativa — **M. Cugia** . . . . . » 349

III Determinazioni di magnetismo terrestre — **M. Cugia** . . . . » 405

ERRATA - CORRIGE

PAGINA	LINEA	ERRATA	CORRIGE
18	ultima	LXIV, 19	LXIX, 1901
23	5	gusa	guisa
24	26	vi sia	sia
27	3 dal basso	rimto	ritmo
31	6	settembre	settembre 1923
32	7	dellla	della
32	22	rilevava	rivelava
33	6 dal basso	aprile 1923	novembre 1923
43	2 » »	estenuane	estenuante
81	9 » »	s calcola	si calcola
82	8 » »	Ne mari	Nei mari
95	5	iucremento	incremento
102	19	varazioni	variazioni
106	14	corformazioni	conformazioni
107	5 dal basso	i bacino	il bacino
116	3 » »	Riassumiano	Riassumiamo
127	3 » »	nollo	nello
130	14 » »	Ghuleifaken	Ghuleifakeh
134	1	lati	dati
147	13	prolugata	prolungata
191	14 dal basso	ascedene	ascendente
191	7 » »	oservazioni	osservazioni
196	2 » »	altre	oltre
203	10 » »	distibuzioni	distribuzioni

CAMPAGNA IDROGRAFICA DELLA R. NAVE «A. MAGNAGHI» 1923-24

RELAZIONE GENERALE SUI LAVORI ESEGUITI

DEL CAPITANO DI VASCELLO COMANDANTE **LEOPOLDO NOVARO**

Relazione generale sui lavori eseguiti.

La R. N. *Ammiraglio Magnaghi*, armata a Spezia il 1° Settembre 1923, partiva per Genova il 18 Settembre, per completare l'imbarco del personale scientifico e del materiale idrografico.

Il giorno 22 partiva da Genova e, toccata Messina per imbarcare la sezione biologica della missione scientifica, proseguiva il giorno 27 per il Mar Rosso.

Lo Stato Maggiore della Nave era così composto:

Capitano di Vascello Leopoldo Novaro - Comandante.

Capitano di Corvetta Mario Bonetti - Comandante in II.

» » Mario Cugia - Incarico speciale.

Tenente di Vascello Giovanni Galati - Ufficiale di rotta.

» » Pietro Sandrelli.

» » Enrico Mirti della Valle.

» » Pier Filippo Lupinacci.

S. Tenente di Vascello Alfredo Viglieri.

Guardiamarina Ernesto Pellegrini.

» Giovanni Onnis.

» Vittorio Giannattasio.

» Carlo Felice Albini.

» Paolo Picella.

» Carlo Squitieri.

Capitano Macchinista Giuseppe Marchesa Rossi.

I° Capitano Medico Mario Giordano.

I° Capitano Commissario Olisio Bruno.

Personale tecnico:

Disegnatore topografo Giacomo Acquarone.

Allievo disegnatore Andrea Lupi.

La Missione Scientifica del R. Comitato Talassografico Italiano era composta dei signori:

Prof. Luigi Sanzo per la Biologia Marina.

Prof. Francesco Vercelli per l'Oceanografia.

Prof. Mario Picotti per la Chimica.

Erano aggregati ad essa: il sig. Filiberto Mazza, disegnatore biologo ed il preparatore-pescatore Giuseppe Arena.

Allo Stato Maggiore della Nave era aggregato anche il Sottotenente di Vascello della Marina Finlandese Eric Ragnar Göransson.

Alla campagna idrografica eseguita in Mar Rosso negli anni 1913-1914 dalla R. Nave *Staffetta* aveva seguito un periodo di inerzia per la forzata parentesi della guerra mondiale. Durante questa, essendo la R. N. *Magnaghi* in Mar Rosso, sede del Comando Superiore Navale, una missione distaccata da detta Nave, aveva eseguito il rilievo costiero e lo scandaglio della insenatura di Mersa Fatma, la parte più meridionale della baia di Hoachil.

Nella primavera del 1923 la Direzione del R. Istituto Idrografico propose al Ministero della Marina di riprendere l'attività idrografica nella Colonia Eritrea, ed essendo stata accolta favorevolmente l'idea, fu rivolto invito al R. Comitato Talassografico Italiano di partecipare alla campagna, eseguendo quelle ricerche di carattere biologico ed oceanografico che potevano coesistere col lavoro idrografico della Nave.

La campagna, iniziatasi con l'arrivo della Nave a Port Said il 3 Ottobre 1923, aveva termine in detto porto il 7 Giugno 1924.

I lavori compiuti, di indole diversa, e con necessità molte volte in contrasto tra loro, hanno avuto risultati soddisfacenti.

Il compito è stato molto facilitato dalla concessione, da parte del Governo della Colonia Eritrea, dell'uso della R. Cannoniera *Generale Arimondi*, stazionaria a Massaua, alla quale poterono essere affidati compiti molto importanti, che non avrebbero potuto essere assolti dalla R. N. *Magnaghi* senza che questa fosse distratta troppo a lungo dal compito idrografico.

Il lavoro idrografico comprende:

1°) Il rifacimento completo del piano di Massaua, sia per la parte topografica che per lo scandaglio.

2°) Il completamento dello scandaglio e del rilievo costiero del Canale Sud di Massaua, riallacciando il lavoro rimasto interrotto nella campagna della R. Nave *Staffetta* nel 1914 con quello della baia di Anfila eseguito nel 1892.

3°) La triangolazione ed il rilievo costiero di una parte dell'arcipelago delle Dahalac, riallacciandosi al lavoro eseguito nel 1892 dalla R. Nave *Scilla*, e rimasto interrotto.

4°) Il rilievo topografico e lo scandaglio degli ancoraggi a nord e a sud della penisola di Hafun, eseguiti da spedizioni distaccate sulla costa Somala.

Il rilievo topografico di Massaua, quello della costa e delle isole del canale sud, nonchè quello delle isole Dahalac è stato eseguito in parte con

stazioni di tacheometro, ed in parte utilizzando le fotografie planimetriche eseguite dalla sezione idrovolanti, comandata dal sottotenente di squadriglia Signor Luigi Boer, espressamente distaccata allo scopo.

La sezione, superando non poche difficoltà logistiche, data la inospitalità delle coste da rilevare e la distanza da Massaua, unica base possibile, dopo un breve periodo di allenamento e di affiatamento tra pilota e fotografo, durante il quale fu fatta la planimetria completa di Massaua, trasferendosi agli ancoraggi di Ras Andadda e di Nocra, potè eseguire il rilievo planimetrico delle isole della baia di Hoachil, non ancora rilevate, della costa da Ras Andadda a Ras Midir, e quindi della parte dell'arcipelago delle Dahalac compresa nella triangolazione.

Fin dall'arrivo a Port Said sono state iniziate le ricerche biologiche, con speciale attenzione alle forme che possono dare indicazioni circa il passaggio di specie dal Mediterraneo al Mar Rosso e viceversa. Le ricerche, con pescate in profondità, sono continuate durante il viaggio verso Massaua, e sempre che se ne è presentata l'occasione nelle varie traversate e durante le soste nelle zone di scandaglio.

Le ricerche nel Canale di Suez hanno avuto poi un maggiore sviluppo nel viaggio di ritorno. Contemporaneamente sono state eseguite misure di corrente, di temperatura e raccolte di dati chimici, da mettere in confronto con quelle raccolte in precedenti campagne talassografiche, specialmente quella della Nave A. U. *Pola*.

Lo studio delle maree, eseguito a mezzo di mareografi Richard, ha avuto notevole sviluppo in tutto il Mar Rosso con l'impianto di mareografi a Tor, Kosseir, Gedda, Port Sudan, Massaua, Kamaran ed Assab. Nel golfo di Suez questo studio è stato molto facilitato dal cortese aiuto prestato dal Governo Egiziano, il quale si interessò perchè i mareografi installati a Tor e Kosseir fossero, a cura di una nave della sua Marina, trasportati prima a Shadwan ed Ashrafi, e successivamente a Garib e Zafarana, dove furono ritirati dalla *Magnaghi* nel viaggio di rimpatrio.

Lo studio delle correnti eseguito con misure a mezzo di correntometri, ha avuto particolare sviluppo nel Mar Rosso meridionale con stazioni costiere e lungo diverse trasversali.

Approfittando delle soste della Nave nei porti o distaccando allo scopo una speciale missione, sono state eseguite misure gravimetriche e magnetiche.

Sono state eseguite misure di gravità relative a Suez, Massaua, Asmara, Assab ed Aden; è stata fatta stazione di partenza e di chiusura a Genova.

Stazioni magnetiche complete, con misure di declinazione, inclinazione e forza orizzontale sono state eseguite a Kosseir, Port Sudan (due volte) Massaua, Asmara, Adjuz, Assab, Aden (due volte) Gedda, Hurgada, Suez e Port Said.

E' stata eseguita la determinazione astronomica delle posizioni dei fari di recente impianto a Capo Guardafui e ad Hafun.

E' stata anche determinata la differenza di longitudine per mezzo della radiotelegrafia tra Massaua ed Assab.

Nella seguente tabella sono raccolti alcuni dati che possono dare un'idea sintetica del lavoro compiuto.

Durante la campagna della R. N. *Magnaghi* si sono eretti i fari di Guardafui e Ras Hafun salutati da tutti i naviganti come una nuova insigne benemerenza della Marina Italiana.

Per rendere più facile e più sicura la navigazione nei Canali Nord e Sud di Massaua, ed in seguito agli accordi del Ministero delle Colonie con quello della Marina, furono fatti i sopraluoghi necessari per stabilire la posizione più opportuna. Giunti i materiali a Massaua, furono qui sbarcati, ed essendo stata affidata la costruzione ad una impresa privata, fu provveduto, col concorso di personale dirigente della *Magnaghi*, allo sbarco a Mersa Taclai di tutto il materiale necessario per la costruzione del faro di atterraggio all'imboccatura del Canale Nord.

La R. Cannoniera *Generale Arimondi* ha coadiuvato molto il lavoro scientifico compiuto dalla *Magnaghi;* merita speciale menzione la permanenza di 15 giorni nello stretto di Bab-el-Mandeb, dove con abilità e perizia marinaresca la piccola Nave potè prendere stabile ormeggio alla profondità di 170 m. e resistere alle cattive condizioni del tempo, con vento forte e mare tempestoso, durate più di una settimana, rendendo così possibile l'esecuzione di tutte quelle ricerche metodiche e continuate che daranno modo di definire esattamente come avviene lo scambio delle acque tra l'Oceano Indiano ed il Mar Rosso, e che finora non erano state eseguite per le difficoltà tecniche dell'impresa.

Il complesso del lavoro eseguito nel corso della campagna, i risultati ottenuti e quelli che si possono prevedere dal materiale di studio e di osservazione raccolto, dimostrano che il breve tempo nel quale si è svolta la campagna è stato proficuamente impiegato.

***

La Nave ha potuto dedicare al compito idrografico solo una parte del tempo passato in Mar Rosso, avendo dovuto allontanarsi dalla zona in cui doveva essere eseguito il rilievo per le ricerche talassografiche di vario genere, per le quali esistevano a bordo le necessarie sistemazioni.

Ciò nonostante, malgrado le non sempre favorevoli condizioni meteorologiche e le difficoltà che presentava la zona di lavoro, nuda, deserta e priva di risorse di qualsiasi genere, sono stati eseguiti e condotti a termine tutti i lavori ai quali è stata dedicata l'attività del personale di bordo, il quale ha risposto perfettamente senza distinzione di grado e di specialità a quanto era richiesto dalle necessità del lavoro.

Il piano del porto di Massaua era ancora quello eseguito durante la campagna della R. Nave *Scilla* nell'anno 1886, al quale erano state apportate alcune correzioni negli anni 1892 e 1898.

Era però necessaria una revisione completa e quasi un rifacimento, per tenere conto sia dei lavori portuali, eseguiti durante gli ultimi anni, sia dei mutamenti e delle nuove costruzioni, dovute specialmente alle conseguenze del terremoto che aveva quasi distrutto la città.

Il lavoro fu iniziato al primo giungere della Nave a Massaua, e fu quasi ultimato durante la prima permanenza in porto. Nelle successive soste il

lavoro fu riveduto e completato in qualche zona che presentava piccole imperfezioni, dovute principalmente alla ancora insufficiente pratica del personale ai lavori di campagna.

Complessivamente sono stati dedicati al rilievo di Massaua 14 giorni lavorativi durante i quali sono stati eseguiti 4463 scandagli, e 37 stazioni topografiche; la topografia si è limitata alla zona costiera ed alla determinazione a vertice di piramide di alcuni punti più importanti: la planimetria interna è stata completata a mezzo delle fotografie eseguite dalla sezione idrovolanti.

Il lavoro nel canale Sud di Massaua fu iniziato con una spedizione, inviata a mezzo della R. Cannoniera *Generale Arimondi* ad eseguire il riconoscimento della costa e dei segnali costruiti durante la campagna dell'anno 1914; costruirli nuovamente qualora fossero abbattuti, alzarne e determinarne di nuovi, specialmente segnali di dettaglio, per facilitare il lavoro di scandaglio delle imbarcazioni. Fortunatamente quasi tutti i segnali erano ancora esistenti e ben visibili dimodochè la *Magnaghi*, appena giunta sul luogo, potè iniziare il lavoro. Furono distaccate successivamente tre spedizioni di barche a vapore, che si resero del tutto indipendenti dalla Nave accampandosi a terra, e costituendo qui basi eventuali: esse eseguirono il completamento del rilievo della baia di Hoachil e lo scandaglio costiero tra Ras Andadda e Ras Midir. Contemporaneamente alle prime due spedizioni furono distaccati ufficiali, col personale necessario, per eseguire la topografia di alcune isole e della costa da Ras Andadda a Ras Midir.

Il rilievo costiero fu eseguito anche a mezzo di fotografie planimetriche fatto dalla sezione idrovolanti, che si trasferì da Massaua a Ras Andadda, e rimase qui, con l'appoggio della R. Cannoniera *Arimondi*, il tempo necessario per il completamento del lavoro. I risultati ottenuti con i due metodi sono stati perfettamente concordanti, dimostrando ancora una volta che la fotografia dagli aerei è un ottimo aiuto per il rilievo topografico.

Il lavoro di scandaglio eseguito dalla nave comprende una zona lunga circa 45 mg. e larga circa 10 mg. Vi furono impiegati complessivamente 63 giorni lavorativi e furono eseguiti 3503 scandagli con la nave, nella grande maggioranza alla scala di 1 : 60.000 ed in qualche linea più esterna alla scala 1 : 120.000. Furono anche eseguite 46 stazioni topografiche nelle isole, e, lungo la costa, le imbarcazioni eseguirono complessivamente 4274 scandagli, In totale la zona scandagliata dalla nave copre una estensione di circa 450 mg.^{2} e quella scandagliata dalle imbarcazioni di circa 150 mg.^{2}

La Nave ha percorso la zona su linee parallele alla costa, verificando poi in vari tratti l'esattezza del lavoro con trasversali nella zona scandagliata.

Il lavoro è stato compiuto generalmente in condizioni di tempo poco favorevoli, risentendosi lungo la costa l'effetto del monsone di SE, che sollevava mare abbastanza grosso per alcune ore del giorno; se questo non era un grande inconveniente per la nave, molto maggiore era quello dovuto alla cortina di sabbia minutissima che il vento sollevava lungo la costa, e che, in breve volger di tempo, velava e nascondeva completamente non solo i segnali sui quali si appoggiava il lavoro di scandaglio ma qualsiasi punto della costa.

Tale inconveniente si è verificato per la maggior parte dei giorni lavorativi, obbligando sovente la Nave ad interrompere il lavoro nelle prime ore del pomeriggio, e, qualche volta, anche tenendola inoperosa per due o tre giorni consecutivi. Le difficoltà maggiori furono riscontrate nella zona al largo della baia di Anfila, fino a Sciach; in questo tratto meno montagnoso era maggiore e più frequente il sollevamento della sabbia; la nave lavorava in una zona a maggior distanza da terra; i punti determinati per le osservazioni angolari erano scarsi e meno cospicui.

Per migliorare questo stato di cose furono determinati da bordo con incrocio di visuali dei punti supplementari; ma anche questi si dimostrarono insufficienti quando la Nave si trovò nella parte più foranea della zona.

Le secche e le diminuzioni di fondale indicate dalle carte inglesi furono riconosciute generalmente esatte, sia come posizione che come profondità. Non è stato eseguito lo scandaglio particolareggiato delle secche che delimitano il canale tra Shab Shakts e Ras Andadda, perchè la grande estensione di esse avrebbe richiesto molti giorni di lavoro colle imbarcazioni, durante i quali la Nave avrebbe dovuto rimanere immobilizzata nelle immedate vicinanze, per riprendere le imbarcazioni a bordo in caso di cattivo tempo.

Il lavoro potrà eventualmente essere eseguito in altro periodo, ma ad ogni modo la zona scandagliata offre la massima sicurezza per la navigazione, essendo esattamente determinata la posizione delle secche che potrebbero presentare pericolo.

Quando fu ultimato il lavoro della sezione idrovolanti nella zona di Ras Andadda, il Comando studiò una opportuna utilizzazione degli aerei e decise allora di riprendere il lavoro rimasto interrotto nella campagna della R. N. *Scilla* dell'anno 1892, nella zona a NE di Massaua, attraverso l'arcipelago delle isole Dahalac, di molto interesse per il traffico tra Massaua e la costa araba.

Fu quindi noleggiato un sambuco ed organizzata una spedizione che si recò all'isola di Norah, costituendo qui una base eventuale.

Contemporaneamente la Nave si recava all'ancoraggio di Gubbet Entalu (Dahalac Chebir) e, trovata la posizione adatta per gli idrovolanti nel Canale di Nocra, fu fatta trasferire in questa località la sezione, con l'appoggio della R. Nave *Arimondi*. Furono quindi eseguiti voli sull'arcipelago, nella zona dove operava la spedizione, rilevando fotografie planimetriche di quasi tutte le isole comprese. Le barche a vapore della *Magnaghi* furono distaccate nello specchio d'acqua a nord dell'ancoraggio, per servire eventualmente di appoggio agli idrovolanti. Il lavoro però non fu completato, perchè essendosi manifestate deformazioni alle cellule, gli apparecchi dovettero rientrare alla base.

Si approfittò della permanenza della Nave in zona tranquilla per sperimentare l'apparecchio di scandaglio a sciabica (Wire-drag) costruito dalla Direzione Artiglieria ed Armamenti di Spezia: l'apparecchio funziona benissimo, e si è dimostrato atto allo scopo: solo deve essere usato con barche di potenza maggiore di quelle di cui è fornita la Nave, in modo da poter mantenere durante il lavoro una maggior velocità.

La Nave si trattenne nelle isole Dahalac soltanto dieci giorni, premuta dalla necessità di condurre a termine il lavoro nel Canale Sud. Furono

costruiti alcuni segnali nelle isole più prossime all'ancoraggio ed eseguite alcune stazioni di teodolite per eventuale controllo e completamento del lavoro eseguito dalla spedizione. Fu anche scandagliata la zona a levante del Gubbet, fino alle isole Dabbenetat, eseguendosi 240 scandagli.

Intanto la spedizione, inviata col sambuco, giunta a Norah ed eseguita una ricognizione del terreno per la misura della base, sbarcato qui il materiale necessario si divideva in due: e mentre un ufficiale col sambuco si recava successivamente nelle varie isole per riconoscerle ed erigervi i segnali, gli altri due procedevano alla misura di una base, lunga 696 metri, nell'isola di Norah. Venivano quindi eseguite le sommarie topografie delle varie isole nonchè la misura degli angoli nei punti principali della triangolazione, fissati uno per ogni isola e ben determinati con appositi segnali piramidali.

La triangolazione fu spinta verso Sud fino a collegarsi con due vertici della precedente rete, per una zona di circa 110 mg.^{2}. L'azimut della base avrebbe dovuto essere calcolato in un secondo tempo, ma non essendo stato possibile distaccare una seconda spedizione in epoca successiva, le coordinate dei vertici della nuova triangolazione furono calcolati partendo dalle coordinate dei punti noti. La base misurata servì come di controllo, e tra la misura effettiva e quella ricavata dal calcolo fu riscontrata una differenza di soli 16 cm.

Non fu possibile per la ristrettezza del tempo eseguire scandagli nella zona in cui fu eseguita la triangolazione; le stazioni di teodolite fu necessario eseguirle solo nelle prime ore del mattino, e la sera vicino al tramonto, perchè la refrazione fortissima nelle altre ore impediva assolutamente una buona collimazione.

Furono costruiti 15 segnali di I° ordine e 4 di II° ordine. Corredando la zona di opportuni segnali di dettaglio sarà possibile in altra occasione eseguire lo scandaglio della zona, ed estendere il lavoro verso NE, appoggiandosi ai vertici già calcolati. In ogni modo questo lavoro è stato necessario per completare l'istruzione degli ufficiali, portando a loro conoscenza le operazioni principali da eseguirsi nel rilievo di una zona completamente sconosciuta, lasciando completamente alla loro iniziativa la risoluzione delle difficoltà che si presentano nel corso del lavoro; anche la esecuzione di tutti i calcoli relativi è stata molto utile al consolidamento della loro istruzione professionale.

Nel mese di Dicembre, approfittando di un incontro con la R. Nave *Marchiaro*, incrociante nelle acque della Somalia settentrionale, fu inviata una spedizione di due ufficiali, con personale addetto, ad eseguire il rilievo e lo scandaglio della insenatura meridionale della penisola di Hafun. Fu misurata una base di m. 324 e sviluppata una rete di triangolazione lungo la costa, con l'impianto di opportuni segnali; contemporaneamente fu eseguito lo scandaglio della zona più adatta all'ancoraggio. Furono eseguite complessivamente 23 osservazioni angolari, 8 stazioni topografiche e 739 scandagli con imbarcazioni, per una zona di circa 19 Km^2.: si impiegarono in tutto 10 giorni lavorativi.

Successivamente, in altra epoca, una seconda spedizione, recatasi a Hafun per la determinazione astronomica delle coordinate del faro eretto

sulla penisola, eseguiva la determinazione con metodo speditivo delle coordinate geografiche di uno dei pilastrini della base nella baia Sud. Quindi procedeva nell'ancoraggio Nord alla misura di una base di 300 m con relativo sviluppo di triangolazione, rilievo topografico e scandaglio. Furono eseguite complessivamente N° 21 stazioni topografiche e di triangolazione, 1473 scandagli con imbarcazioni e 409 con nave eseguiti dalla R. Nave *Marechiaro*. Furono impiegati 19 giorni lavorativi e fu scandagliata una zona di 56 Km².

Riassumendo, col lavoro eseguito durante questa campagna, si sono avuti elementi per:

1°) per la pubblicazione di una nuova edizione del piano di Massaua alla scala di 1 : 5000, con la revisione completa degli scandagli e della topografia.

2°) per il completamento della carta N° 343 per la parte interessante la navigazione nel Canale Sud di Massaua.

3°) per la pubblicazione ex-novo del piano dell'ancoraggio Sud di Hafun.

La triangolazione eseguita nell'arcipelago delle Dahalac potrà servire come punto di appoggio per l'estensione del lavoro verso NE perchè è presumibile, dalle notizie che si hanno in proposito dai pratici locali, che esista una via di comunicazione accessibile anche a navi di discreto tonnellaggio, attraverso all'arcipelago, dall'isola Dehel all'isola di Harmil, con un percorso di circa 40 mg., che, convenientemente segnalato, potrebbe rendere molto più facili e rapide le comunicazoni col principale porto della nostra colonia.

Nel corso della campagna lo scandaglio « Lucas », generalmente adoperato per i lavori nel Canale Sud, si è dimostrato di facilissimo maneggio ed ha permesso di eseguire le operazioni con grande speditezza: procedendo la Nave alla velocità di 4-5 miglia è sufficiente mantenere le macchine ferme per poco tempo per ricavare con grande precisione le profondità, e questo per l'esattezza con la quale si percepisce l'istante in cui il peso tocca il fondo, anche con inclinazioni notevoli del filo. Il « Lucas » è stato anche usato largamente con esito soddisfacente in profondità rilevanti (intorno ai 2000 metri) nelle ricerche talassografiche, avendo però anche cura di aumentare il peso del salmone.

Lo scandaglio « Leblanc » è stato generalmente impiegato nelle grandi profondità per le ricerche talassografiche ed anch'esso si è dimostrato pratico e di facile maneggio. Viceversa il grande apparato a scandagliare « Magnaghi » è apparso uno strumento di uso piuttosto difficoltoso anche perchè la catena metallica per la trasmissione del moto al guidatore del filo non era quella addicentesi all'apparecchio non essendo stato possibile alla Direzione del R. Istituto Idrografico di procurarne una più rispondente allo scopo.

Gli apparecchi piccoli « Thomson » sino dai primi giorni di lavoro della nave sono stati pochissimo adoperati, perchè d'impiego assai meno pratico del Lucas.

Nella presente relazione ho appena accennato ai lavori svolti dai membri della missione scientifica del Comitato talassografico poichè essi direttamente con la pubblicazione di speciali memorie hanno già dato o daranno conto del lavoro compiuto e dei risultati ottenuti.

E' per me un grato dovere ricordare qui che al loro spirito di sacrificio si deve se numerosi elementi di osservazione ed ingente materiale sono stati raccolti e se con nostra viva soddisfazione può dirsi che la campagna della *Magnaghi* ha portato alla soluzione di alcuni degli infiniti problemi che lo studio del mare pone dinanzi a scienziati e navigatori.

Sulle ricerche ocenografiche il prof. Vercelli ha già pubblicato le seguenti monografie:

1°) Correnti e maree del Mar Rosso.

2°) Ricerche di ottica marina.

3°) Condizioni meteorologiche durante la crociera.

4°) La temperatura e la salinità delle acque.

Agli studi del prof. Picotti si devono invece:

1°) Tabelle generali dei dati delle analisi chimiche delle acque.

2°) Analisi dei gas disciolti e concentrazione degli idrogenioni.

Quanto alla studio biologico del Mar Rosso il lungo tempo ad esso dedicato e l'abbondanza del materiale raccolto, dànno affidamento che anche in tale campo si avranno utili ed interessanti risultati.

Il Capitano di Vascello

Leopoldo Novaro

RICERCHE DI OCEANOGRAFIA FISICA

PARTE I – CORRENTI E MAREE

ESEGUITE DALLA R. NAVE « AMMIRAGLIO MAGNAGHI » (1923-1924)

RELAZIONE DEL PROF. **FRANCESCO VERCELLI**

INDICE

(N. B. - Il numero dei paragrafi è progressivo).

Cap. I. - **Cenni storici relativi alle correnti del mar Rosso.**

Valore delle notizie nautiche sulle correnti (§. 1-2).
Correnti di deriva e di marea (§. 3).
Le correnti del mar Rosso secondo i testi nautici inglesi (§. 4-7).
Misure eseguite da H. I. Gedge, colla nave *Stork*, nel 1898 (§. 8)
Rilievi di correnti eseguiti dalle navi idrografiche della R. Marina (§. 9-12).
*Schema della circolazione marina nel mar Rosso, secondo il Dr. J. Luksch (§. 13).
Osservazioni riassuntive (§. 14).

Cap. II. - **Notizie sulle ricerche compiute dalla R. N. « Magnaghi ».**

Programma della crociera (§. 15-17).
*Cenno sui lavori compiuti (§. 18-25).

Cap. III. - **La Stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb.**

Notizie sulle stazioni e sulle misure compiute (§. 26-29).
Dati di osservazione (§. 30).
Analisi armonica delle curve di corrente (§. 31-36).
La corrente progressiva (§. 37-38).
Caratteristiche delle curve di corrente (§. 39-43).
Grado di precisione delle costanti armoniche (§. 44-48).

Cap. IV. - **Tavole generali delle correnti nello stretto principale di Bab-el-Mandeb.**

Valutazione degli armonici componenti (§. 49-51).
La corrente di deriva (§. 52-55).
Tavole delle correnti.
Controllo delle tavole delle correnti e limiti di approssimazione (§. 56-60)
Disuguaglianze diurne e stagionali delle correnti di marea (§. 61).

Cap. V. - **Il regime delle correnti negli stretti di Bab-el-Mandeb.**

Lo stretto principale (Large Strait) (§. 62-65).
Lo stretto piccolo (Small Strait) (§. 66-67).
Il regime delle correnti negli stretti di Bab-el-Mandeb (§. 68-69).

Cap. VI. - **Il regime delle correnti nel mar Rosso meridionale e nel Golfo di Suez.**

Trasversale Scogli Scilla—costa sud di Mokha (§. 71-76).
Trasversale Gebel Abayil—Khor Ghuleifakeh (§. 77-79).
Trasversale Isole Zebayir—Ras Shakhs (§. 80-82).
Trasversale corrispondente al parallelo 16° 50′ (§. 83-85).
Il canale sud di Massaua (§. 86-95).
Alcune misure di corrente nel golfo di Suez (§. 96-100).

Cap. VII. - **Le Maree del mar Rosso.**

Il contributo dei nuovi dati (§. 101-102).
Le nuove stazioni mareografiche (§. 103-104).
Analisi armonica (§. 105-109).
Relazioni caratteristiche fra le costanti armoniche (§. 110-113).
Aspetti caratteristici delle maree nel mar Rosso (§. 114).
Maree anomalistiche (§. 115).
Le maree diurne (§. 116).
Il regime delle maree nel mar Rosso (§. 118-125).
Dati raccolti dalle navi idrografiche della R. Marina (§. 126).

Cap. VIII. - **Considerazioni sulla dinamica e sulla distribuzione dei moti marini nel mar Rosso.**

Le maree del mar Rosso, secondo le teorie di R. A. Harris (§. 127-133).
Il problema delle maree trattato col metodo del Fredholm (§. 134-135).
Relazioni fra maree e correnti (§. 136-145).
Le correnti di deriva (§. 146-150).
Circolazione ciclonica (§. 151-152).
Le correnti trasversali (§. 153-154).
Bilancio dello scambio d'acqua fra mar Rosso e oceano Indiano (§. 155-162).
Cenni riassuntivi sulla distribuzione delle correnti (§. 163-169).

N. B. — I sottotitoli segnati coll'asterisco *) furono erroneamente omessi nel testo.

INDICE DELLE FIGURE

Carta del mar Rosso; postazione delle stazioni mareografiche.
Fig. 1 - La R. Nave *Ammiraglio Magnaghi*.
» 2 - La R. Cannoniera *Generale Arimondi*.
» 3 - A poppa della R. N. *Ammiraglio Magnaghi* (§. 9).
» 3bis - Sulla *Arimondi* (§. 9).
» 4 - Tor (Sinai): Osservatorio; 4bis - Mareografo (§. 9).
» 5 - Koseir (Egitto): Veduta del porto; 5bis - Mareografo (§. 23).
» 6 - Gli stretti di Bab-el-Mandeb; postazione delle stazioni (§. 26).
» 7 - Diagrammi delle correnti, Staz. 120 (§. 30, fuori testo).
» 8 - Confronto fra curve osservate e calcolate, staz. 120, epoca sizigiale (§. 45).
» 9 - Confronto fra curve osservate e calcolate, staz. 120, epoca di quadrature (§. 45).
» 10 - Confronto fra velocità osservate e dedotte dalle tavole delle correnti (§. 57).
» 11 - Confronto fra i dati del Gedge e quelli delle tavole (§. 59).
» 12 - Disuguaglianze diurne e stagionali delle correnti di marea (§. 61).
» 13 - Diagrammi delle correnti; staz. 82 e 83 (§. 63).
» 14 - Diagrammi delle correnti; staz. 80 e 119 (§. 67).
» 15 - Diagrammi delle correnti; staz. 84 e 87 (§. 72).
» 16 - Diagrammi delle correnti; staz. 103 e 124 (§. 78).
» 17 - Diagrammi delle correnti; staz. 90,93,100 e 102 (§. 81)
» 18 - Canale sud di Massaua (§. 86).
» 19 - Diagrammi delle correnti; staz. 55, 56, 60, 64, 113, 128, 129, 134, (§. 87).
» 20 - Golfo di Suez e postazione delle stazioni (§. 96).
» 21 - Diagrammi vettoriali delle correnti (§. 97).
» 22 - Faro e mareog. di Ras Gharib; 22bis - Id. di Zafarana (§. 104).
» 23 - Port Sudan: Mareografo; 23bis - Assab: Mareografo (§. 104).
» 24 - Isola vulcanica di Gebel Zucur; 24bis - lato NW (§. 104).
» 25 - Massaua: Viale di Taulud; 25bis - Saline (§. 104).
» 26 - Diagrammi di marea di Zafarana e Kamaran (§. 112)
» 27 - Diagrammi di marea di Massaua e Assab (§. 112)
» 28 - Linee cotidali e ampiezze *H* delle maree parziali M. (§. 114)
» 29 - Linee cotidali e ampiezze *H* delle maree parziali K, (§. 116)
» 30 - Linee cotidali e ampiezze *H* delle maree parziali O, (§ 116)
» 31 - Relazioni fra maree e correnti (§. 141).
» 32 - Sezione trasversale dello stretto di Bab-el-Mandeb, 12 miglia a NW di Perim (§. 159).
» 33 - Distribuzione delle correnti superficiali (§. 168).

BIBLIOGRAFIA

I. — Blondel A. — *Sur la théorie des marées dans un canal, application à la mer Rouge* - Thèse, Toulouse, 1912.

II. — Bell Dawson W. — *The tides and tidal stream* - Dep. of Naval Service, Ottawa, Canada, 1920.

III. — Boggiano L. — *Correnti osservate nel golto di Aden* - Annali Idrogr. di Genova, Vol. 3, 1902.

IV. — Bresca V. — *Canale nord di Massaua* - Ann. Idrogr. di Genova, Vol. 9, 1915.

V. — Buen de R. — *Rapport préliminaire ecc.* - Bull. Comm. intern. pour l'expl. de la Médit., N. 10, 1924.

VI. — Darwin sir G. H. — *Oceanic tides* - Scientific papers, Vol. I. Cambrigde, University press, 1907.

VII. — Del Giudice G. — *Correnti nella parte sud del mar Rosso* - Annali Idrogr. di Genova, Vol. 2, 1901.

VIII. — De Marchi L. — *Teoria degli scandagli d'alto mare* - Memoria N. XXXI del R. Comitato Talass. Ital., 1923.

IX. — Fichot E. — *Les marées et leur utilisation industrielle* - Paris, Gauthier-Villars, 1923.

X. — Frochot H. — *Le calcul des marées* - Paris, A. Challamel, 1906.

XI. — Galle P. H. — *Klimatologie van den Indischen Ocean* - Koninklijk Neder. Meteor. Inst. N. 102, 1924.

XII. — Gedge H. J. — *Report on the undercurrents in the strait of Bab-el-Mandeb from observations by H. I. Gedge, R. N., H. M. S.* «Stork» *1898*, London, 1898.

Il lavoro è riassunto in *Ann. der Hydrogr. und. mar. Meteor*, Vol. 26, 1898, pag. 519-21.

XIII. — Harris R. A. — *Manual of tides* - Report U. S. coast and geodetic Survey, Washington, 1897, e seg.

XIV. — Krümmel O. — *Handbuch der Ozeanographie. B. II*, Stuttgart Engelhorns, 1911.

XV. — Luksch J. — *Expedition S. M. Schiff* « Pola » *in das Rothe Meer* - Berichte der Commission für oceanografische Forschungen; Denk. d. kais. Akad. d. Wiss., Wien, Band LXIV, 19.

XVI. — Poincaré H. — *Leçons de Mécanique céleste, Tome III, Les Marées* - Paris, Gauthiers-Villars, 1910.

XVII. — Proudman J. and Doodson A. T. — *The principal constituent of the tides of the North Sea* - Philos. Transactions of the R. S. of London, Vol. 224, Ser. A., 1924.

XVIII. — Resio L. — *Correnti in mar Rosso* - « Ann. Idrog. » di Genova, Vol. 9, 1913-14.

XIX. — Sterneck R. — *Harmonische Analyse und Theorie der Mittelmeergezeiten* - Sitzungsb. d. Ak. Wien, 131, 1922.

XX. — Sterneck R. — *Zur Praxis der harmonischen Analyse der Gezeiten - Beobachtungen* - Ann. der Hydr. und mar. Meteor., februar, 1923.

XXI — Sterneck R. — *Die Gezeitenerscheinungen in der Adria* - Denk. Ak. Wien, Band 96, 1919.

XXII. — Van Riel P. M. — *De stoomwegen van Ceylon naar de Golf van Aden in der Zuidwestmoesson* - Konink. Nederl. Meteor. Inst N. 102, 1924.

XXIII. — Van der Stok J. P. — *Études des phénoménes des marées* - Konink. Ned. Met. Inst. N. 90, 1905.

XXIV. — Vercelli F. — *I risultati della crociera della R. N. « Marsigli » nello stretto di Messina* - Mem. R. Com. Talassografico Italiano.

XXV. — Vercelli F. — *Sulla previsione dei termini di correzione delle maree* - Riv. Marittima, Roma, febbraio 1922.

XXVI. — Warburg H. D. — *Tides and tidal streams* - Cambridge. Univ. Press, 1922.

Del manuale del Com. Warburg esiste la traduzione italiana: *Maree e correnti di marea.* Traduzione e note del Dr. Mario Tenani, Genova. Istituto Idrografico della R. Marina, 1925.

XXVII. — Witting J. — *Kurze Beschreibung eines elektrisch registrierenden Strommessers* - Pubblic. de circ. du Conseil int. pour l'expl. de la mer, N. 30, 1905.

* * *

XXVIII. — *British admiralty charts*, Red sea, gulf of Suez, ecc.

XXIX. — *Red sea ond gulf of Aden pilot*, ed. 1921.

XXX. — *Tide Tables*, London.

XXXI. — *General Tide Tables*, U. S coast and geod. Survey, Washington.

XXXII. — *Gezeitentalfen*, Reichs-Marine-Amt, Berlin.

XXXIII. — *Climatological normals for Egypt and the Sudan ecc.* - Ministery of Pubblic Works, Physical Department, Cairo, 1922.

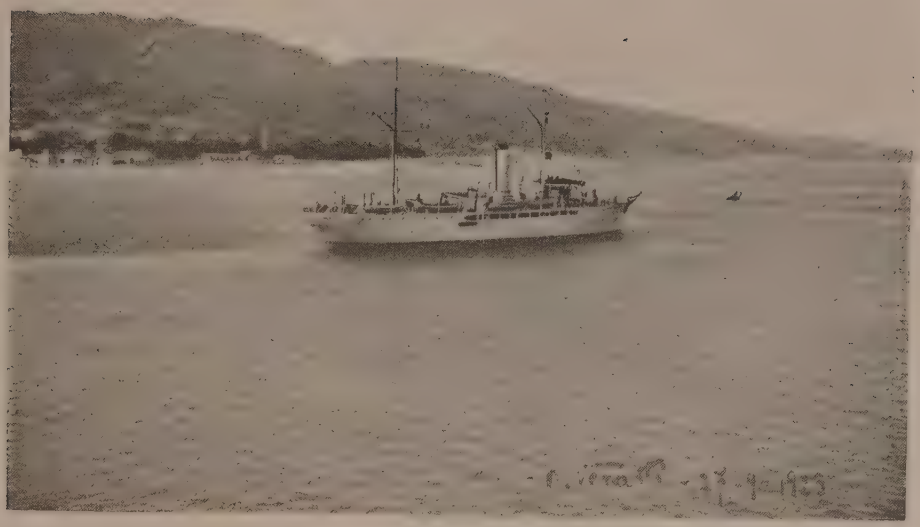


Fig. 1.

R. N. «AMMIRAGLIO MAGNAGHI».

Fig. 2.

R. CANNONIERA «GENERALE ARIMONDI».

CAPITOLO I.

Cenni storici relativi alle correnti del Mar Rosso

VALORE DELLE ATTUALI NOTIZIE NAUTICHE SULLE CORRENTI

§. 1 — La quasi totalità delle notizie sulle correnti marine derivano da stime eseguite dai naviganti o da osservazioni compiute durante rilievi idrografici. Esse riguardano il primo strato superficiale marino, che può avere regime molto diverso dalle correnti profonde. Poche sono le zone marine esplorate con metodi più accurati. Durante le crociere oceanografiche, compiute nell'ultimo cinquantennio, si fecero larghe indagini sui moti marini, quasi sempre però con procedimenti indiretti, studiando le distribuzioni termico-saline e deducendo il probabile regime delle correnti; ovvero facendo osservazioni sul percorso seguito da galleggianti lasciati alla deriva. Ma questi metodi, se pure recarono qualche maggiore estensione alle conoscenze dinamiche del mare, non rappresentano che surrogati del procedimento naturale nello studio delle correnti: la diretta misura delle velocità e delle direzioni. Questa misura esige che la nave sia tenuta ferma nel sito da esplorare, e quindi sia ivi ancorata. Ciò rappresenta difficoltà e spese gravissime, come pure l'impiego di intervalli assai lunghi di tempo. Se l'esplorazione riguarda zone marine ove si svolge un traffico intenso, la permanenza di una nave ancorata sulla via del transito delle navi rappresenta un'ostruzione non desiderabile. Se è fatta in alto mare sorgono altre difficoltà, per i grandi fondali e per i vincoli derivanti dallo stato del tempo e del mare.

Per queste ragioni le osservazioni di correnti rappresentano ricerche onerose e difficili, e riescono in generale troppo incomplete e brevi per il calcolo di esatte predizioni. Le tavole di marea e le opere nautiche non dànno che indicazioni limitate e spesso grossolane sul regime delle correnti di marea. Solo per singole zone dei mari costieri meglio esplorati, come il mare del Nord e le adiacenze dei porti di maggiore traffico mondiale, esistono tabelle e grafici che precisano le relazioni fra i medi valori delle correnti e le fasi delle maree locali.

Lo stato attuale delle conoscenze sul regime delle correnti è messo in rilievo da questo apprezzamento del Warburg, sopraintendente dell'Ufficio delle maree, presso l'Ammiragliato inglese (XXVI):

«The tidal stream information given in Admiralty publications is, owing to the great difficulty and cost of obtaining observations, necessarily incomplete, the calculation of the direction and rate of the stream at any time therefore necessitates several assumptions, and results, when obtained, must consequently be regarded as approximations and used with caution».

Lo stesso autore, tra le norme consigliate per le campagne idrografiche, pone questa legge fondamentale, troppo poco osservata in passato: « Velocities should be observed, NOT ESTIMATED, for estimated velocities are almost invariably too great » (XXVI, pag. 83).

La stima delle velocità viene usualmente fatta per differenza tra il cammino effettivo della nave e quello che teoricamente si dovrebbe avere in base ai giri dell'elica: per la direzione si tiene conto della deviazione subita rispetto alla rotta tracciata. Tanto la velocità della nave, quanto le deviazioni dalla rotta, sono fortemente influenzate dal vento. Durante le traversate compiute in mar Rosso abbiamo potuto verificare più volte l'azione enorme sviluppata dal vento nel rallentare, se contrario, e nell'accelerare, se favorevole, la velocità della nave. Se avessimo attribuito alle correnti marine la differenza tra spostamenti effettivi e teorici, avremmo ottenuto valori fantastici per le velocità dei flussi marini.

Non sappiamo separare l'azione del vento da quella delle correnti. I valori attribuiti ad uno di questi fattori sono più o meno fortemente alterati da quelli che spettano all'altro fattore; e in definitiva nessuna conclusione sicura si può trarre. Le stime delle correnti fatte in navigazione, a meno che vi sia assoluta calma di aria, rischiano sempre di essere errate e anche opposte al vero.

Ma anche gli stessi valori misurati con strumenti devono corrispondere a speciali condizioni, perchè servano a deduzioni attendibili. Valori isolati, raccolti occasionalmente in uno stesso sito o in punti lontani, non hanno valore diverso da quelli che figurassero singole e saltuarie misure di altezza di marea, raccolte qua e là sulle coste di un mare. Le correnti marine, specialmente a distanze non molto grandi dalle coste, sono direttamente collegate coi dislivelli locali e generali di marea, oltre che colle condizioni fisiche delle acque e dell'aria. I valori che le rappresentano mutano in generale da sito a sito; e nello stesso sito variano continuamente, e tanto più intensamente quanto maggiore è l'azione dei fattori da cui dipendono (maree e influenze atmosferiche).

Singole osservazioni, anche se fatte con precisione, dànno origine a valori che non sono comparabili, a meno che si tratti di correnti quasi-stazionarie ovvero si possegga una base di riferimento bene studiata, e si tenga conto, in tal caso, del preciso momento dell'osservazione e della posizione del punto esplorato.

§. 2 — Abbiamo voluto premettere queste considerazioni, perchè leggendo alcune relazioni di antiche osservazioni fatte in mar Rosso, vediamo che talune

stime, o misure di corrente, furono eseguite come se si trattasse di rilievi riguardanti un elemento invariabile, quale sarebbe la profondità marina nel punto esplorato. Tanto è vero che si trovano messe a confronto, con grafici, singole misurazioni fatte in siti, epoche stagionali, ore e giorni lunari diversissimi, così come si farebbe per scandagli. E si giunge in tal gusa ad affermare fatti inesistenti, o ad attribuire caratteri di irregolarità a fenomeni che sono governati da ritmi definiti, per quanto complessi.

Alle notizie nautiche che riassumeremo in questo capitolo non possiamo quindi attribuire maggior valore di quello che esse possono avere dati i fondamenti sui quali sono poggiate. Vedremo infatti nel seguito, per raffronto colle misurazioni fatte durante la crociera della *Magnaghi*, che se alcune di queste notizie risultano confermate, altre sono affette da errori e devono essere profondamente modificate.

CORRENTI DI DERIVA E CORRENTI DI MAREA

§. 3 — Le correnti del mar Rosso, come quelle di tutti i mari, in cui le azioni delle maree tendano a produrre scorrimenti orizzontali molto sensibili, risultano dalla somma di correnti di marea (*tidal streams*) e di correnti di deriva (*drift currents*).

Le prime sono dipendenti dai ritmi di marea e sono caratterizzate da moti semplicemente alternati nei canali, e da correnti giratorie, nei mari aperti, con velocità variabili in grandezza e direzione come i successivi raggi di un'ellisse allungata.

Le correnti di deriva sono moti progressivi, quasi stazionari, o variabili lentamente, con periodi per lo più stagionali. Esse sono in relazione colle condizioni atmosferiche e coi caratteri fisici delle acque.

Le correnti reali risultano dalla sovrapposizione e dalle interferenze delle correnti progressive e di quelle di marea. Ognuna di queste correnti tende a mascherare l'altra, specialmente in vicinanza delle coste e nei canali, ove entrambe le correnti possono assumere valori rilevanti. Per tracciare con sicurezza il ritmo distintivo di ognuna di queste correnti, è necessario possedere serie molto lunghe di osservazioni, distribuite in diverse stagioni. Serie brevi e, meno ancora, osservazioni singole, non possono costituire base sicura per generalizzazioni.

La distinzione ora accennata è sistematicamente adottata nelle fonti più autorevoli delle notizie sul mar Rosso: le carte nautiche e il portolano dell'Ammiragliato inglese. Queste notizie si riferiscono essenzialmente alle correnti superficiali e ai dislivelli di marea. Sul regime delle correnti profonde esistono solo poche misure eseguite dal Gedge a Bab-el-Mandeb, delle quali ci occuperemo in seguito.

LE CORRENTI DEL MAR ROSSO SECONDO I TESTI NAUTICI INGLESI

§. 4 — Secondo il «Red Sea and gulf of Aden Pilot» e le carte nautiche inglesi, le correnti di deriva nel mar Rosso sono in diretta relazione col regime dei monsoni nel mare Arabico.

In questo mare, da ottobre ad aprile, domina il monsone da NE; da giugno a settembre quello da SW (XI).

In conseguenza da ottobre ad aprile nel mar Rosso meridionale si hanno venti da SSE e la corrente scorre a NNW; la velocità che, nel mare Arabico, è generalmente inferiore a 20 miglia al giorno, nello stretto di Bab-el-Mandeb raggiunge da 30 a 40 miglia al giorno. La corrente entrata in mar Rosso si espande in questo mare nel senso ascendente verso NW.

Da giugno a settembre nel mar Rosso centrale e meridionale, ove prevalgono venti da N, la corrente scorre a SSE con velocità, che da un massimo di 25 miglia al giorno, nella parte centrale, cresce a 40 miglia verso lo stretto di Bab-el-Mandeb. Nel mar Rosso settentrionale la corrente è invece rivolta a NW anche in questo periodo.

Nei mesi di calma dei monsoni non vi è corrente di deriva.

Il Red sea Pilot, come le carte nautiche inglesi, richiama l'attenzione dei naviganti sull'esistenza e sui pericoli delle correnti che solcano il mare trasversalmente all'asse, verso Est o verso West, avvertendo che il 60% delle relazioni dei capitani accennano a moti di deriva subiti per probabile effetto di correnti trasversali. Le velocità di queste correnti raggiungerebbero 20 miglia al giorno nella parte centrale del mare, ma si intensificherebbero verso le scogliere costiere. Lo stretto di Giubal e il tratto da Suakin a Gebel Zucur sono designate come le zone ove il pericolo delle correnti trasversali è maggiore.

Queste correnti si formerebbero senza che vi sia evidente la causa; sarebbero particolarmente intense le correnti rivolte a Est nel periodo dei venti da SE nel mar Rosso meridionale (novembre-marzo).

La larghezza di questi flussi trasversali sarebbe talora molto limitata; dopo attraversata una striscia scorrente a Est, si può entrare, a distanza non grande, in altra corrente di direzione esattamente opposta.

Anche nel mare Arabico e nell'Indiano le correnti di deriva assumono velocità rilevanti (XXII). Sulle coste arabiche si valuta che possano, in qualche punto, raggiungere 65 miglia al giorno. Valori anche maggiori si possono avere sulle coste e nelle adiacenze della Somalia.

§. 5 — Per quanto riguarda le maree, il «Red sea Pilot» accenna alla simultaneità di fase che hanno le maree del golfo di Suez sino a Ras Gharib, mentre simultanea opposizione di fase presentano le maree della parte meridionale del golfo stesso. Le massime maree si hanno a Suez (210 cm), ove con forte vento da SE si raggiungono anche dislivelli massimi di 250 cm. L'ampiezza di marea decresce rapidamente verso la zona di separazione tra i due opposti ritmi di marea; ed è nulla a Ras Zeiti. Ciò non toglie che ivi pure si abbiano fluttuazioni di livello, dipendenti principalmente dal vento.

Il medio livello marino è identico a Port Said e a Suez, mentre la marea a Suez presenta dislivelli doppi di quelli di Port Said. Fuori del golfo di Suez

in tutto il mar Rosso le ampiezze di marea sono inferiori a 130 cm. e raggiungono di nuovo ampiezze elevate (2 m.) a Perim e nel mare Arabico (3 m. a Ras el Hadd).

Le notizie date nel portolano, nelle carte nautiche e in altre pubblicazioni, sul regime della marea, saranno minutamente analizzate nel capitolo VII.

Dipendente dai fenomeni di marea è il ritmo delle correnti di marea. Nel golfo di Suez la corrente di marea scorre in tutto il golfo verso Nord, quando a Suez il livello tende a crescere; scorre verso Sud, quando il livello è decrescente a Suez. Il flusso è parallelo prossimamente all'asse del golfo e raggiunge velocità di 1½ nodi in epoca di massime maree e ½ nodo in maree minime. In prossimità delle isole e delle coste le direzioni dello scorrimento seguirebbero un ritmo molto complesso e incerto, come pure nello stretto di Giubal, ove la velocità può raggiungere due nodi.

Nel mar Rosso, da Giubal a Bab-el-Mandeb, le correnti di marea non risulterebbero in modo chiaro; deboli, irregolari e mascherate dalle correnti di deriva sarebbero pure quelle del golfo di Aden.

Speciale interesse hanno le informazioni nautiche sulle correnti prevalenti nel canale di Suez e nello stretto di Bab-el-Mandeb.

§. 6 — Nel canale di Suez, da novembre ad aprile, fra Port Said e il Gran lago Amaro la corrente scorre verso Nord; da giugno a settembre, verso sud. Eventuali variazioni anormali di livello nel Mediterraneo influiscono sulla grandezza e anche sul senso di queste correnti. La massima velocità raggiunge 2 nodi, ma si mantiene usualmente al di sotto di un nodo.

Nel porto di Port Said, nel lago Timsah e nel Gran lago Amaro non sono percettibili correnti di marea.

Il regime delle correnti stagionali, caratterizzanti il canale a nord del Gran lago Amaro, coincide con quello dell'accrescimento e del decremento delle acque del Nilo, senza che sia tuttavia possibile accertare se esista una relazione di causa e di effetto tra i due ordini di fenomeni. Solo alcuni fatti particolari sono bene acquisiti. Così è indubitato uno scambio di acque fra il canale e il lago Menzaleh. In ottobre il lago è al massimo livello ed ha acque poco salate; anche nel canale da Port Said a Kantara le acque sono salmastre, e la salinità si mantiene di poco superiore a quella del Mediterraneo, sino ad un miglio dal Gran lago Amaro.

In aprile il lago Menzaleh è basso e salso; anche nel canale, a nord del lago Amaro, l'acqua è salata più di quella del Mediterraneo; il salto dalle acque salse a quelle mediterranee avviene bruscamente 7 miglia a sud di Port Said.

Il canale a sud del Piccolo lago Amaro è sede di tipiche correnti di marea dipendenti dai forti dislivelli che si stabiliscono a Suez, mentre il livello del piccolo lago rimane stazionario.

La corrente ascendente verso nord comincia due ore prima che a Suez si stabilisca l'alta marea e dura sino a cinque ore dopo; comincia in seguito una corrente discendente, che cessa due ore prima della successiva alta marea. Il ritardo con cui il verso della corrente gradualmente si stabilisce da Port Teufik al piccolo lago Amaro è di 50 minuti.

La corrente raggiunge i valori massimi a Madama, 7 miglia a nord del-

l'ingresso sud, ed è di 1¾ nodi. Con forti venti da S la corrente può raggiungere nodi 2 ½ . Sul fondo la corrente ha un anticipo di fase, che può raggiungere 10 minuti rispetto alla superficie.

§. 7 — Per le correnti di Bab-el-Mandeb il « Red sea Pilot » dà una descrizione particolareggiata. Premesso che le maree, nel canale di Bab-el-Mandeb, sono simultanee a quelle del Porto di Perim, viene ricordato il fatto generale che da giugno a settembre, mentre il monsone da SW soffia nel mare Arabico, e nel mar Rosso prevalgono venti da N, l'acqua scorre dal mar Rosso verso il mare Arabico; da novembre ad aprile, in tempo di monsone da NE nel mare Arabico, e di venti da SSE nel mar Rosso meridionale, l'acqua scorre entrando nel mar Rosso.

La corrente nello stretto di Bab-el-Mandeb risulta dalla somma della corrente progressiva, dovuta principalmente al vento, e delle correnti di marea; è molto variabile. La corrente superficiale segue prossimamente la direzione del vento e raggiunge 40 miglia al giorno. Da novembre ad aprile, durante il monsone da NE, la corrente progressiva spesso supera la corrente di marea; ne risulta un flusso rivolto a NW, con velocità variabile da ¼ a 3½ miglia all'ora.

Nel dicembre 1917, nello stretto e nel mar Rosso, sino a lat. di 13° si osservò il dominio di correnti rivolte a NW e a NNW, con velocità da 1 ½ a 3 ¼ miglia/ora, regnando vento da SE abbastanza forte. La corrente, che a SW di Perim è nettamente rivolta a NW, ripiega bruscamente verso sud, a nord di Perim, attorno al Balfe point.

In giugno e luglio 1917 la corrente, al largo dell'isola di Perim, era diretta generalmente a SSE, con velocità da 10 a 30 miglia al giorno, con vento lieve da NW.

Le correnti di marea sono molto irregolari, sia in grandezza come in direzione; talora nel centro dello stretto la corrente è debole; altre volte, nelle sizigie, raggiunge 4 miglia/ora, causando frangenti, se è opposta alla direzione del vento.

La corrente nello stretto è influenzata dalla direzione del vento prevalente. Dopo un lungo vento da NW la corrente può scorrere verso SE, per 16 ore; e dopo un lungo vento da SE può scorrere verso NW per altrettanto tempo. Durante un vento persistente da SE, se il vento indebolisce, la corrente può invertirsi e scorrere a SE.

La corrente scende a SE durante la marea decrescente; sale verso NW con marea crescente. La corrente diretta a NW è forte presso le adiacenze SW di Perim. La stessa corrente, avvicinandosi al canale piccolo, si divide al punto Azalea (SE di Perim), penetrando in parte nel canale piccolo e in parte scorrendo a SW di Perim verso il canale grande.

La parte penetrata nello stretto piccolo si divide presso Ras Sceikh Berkhu'l (nord dell'isola di Perim): una parte scorre verso NNW, e l'altra, ripiegando attorno al punto Balfe, scorre a SE lungo le coste dell'isola di Perim. Da 2 a 3 ore prima dell'alta marea questo ramo incontra quello della corrente diretta a NW, passante per il canale grande a sud della collina dei Segnali (Signal hill)

e provoca turbolenze che gradualmente si spostano verso l'entrata della False bay. Queste correnti sono molto influenzate dal vento; durante il periodo in cui la corrente è sempre entrante nel mar Rosso, la corrente rivolta a SE non appare.

Il portolano ricorda inoltre i dati rilevati dalla nave Stork, che riferiamo diffusamente nel numero seguente.

MISURE ESEGUITE DA H. I. GEDGE, COLLA NAVE « STORK » NEL GENNAIO 1898

§. 8 — Nel gennaio 1898, il Sig. H. I. Gedge, Comandante della nave idrografica inglese « Stork », intraprese alcune misurazioni di corrente nello stretto di Bab-el-Mandeb, (XII), facendo uso dello strumento ideato nel 1897 dal Tenente Pilsbury, della Marina americana, perfezionato in seguito alle prove eseguite dal Cap. Usborne Moore nelle acque di Far Oer e in quelle inglesi.

La nave *Stork* si ancorava il 19 gennaio circa 7 miglia a WSW di Perim (latitudine 12° 34¾; long. 43° 17¾) su fondali di 216 m., e rimaneva alla fonda per quattro giorni, salpando in seguito per avvenuto spezzamento del cavo di ormeggio.

Il Gedge trae queste conclusioni dai dati rilevati: Esiste una corrente progressiva permanente superficiale, che entra nel mar Rosso con velocità di circa 1 ½ miglia/ora.

Verso il fondo, a 192 m., esiste una corrente che esce dal mar Rosso, con velocità analoga a quella che entra in superficie.

La corrente di marea, che si somma a quella progressiva ha una velocità massima di 1 ¼ miglia/ora, e scorre per dodici ore in una direzione, per dodici ore in direzione opposta; fenomeno che starebbe in relazione con analogo ritmo delle maree (tipo prevalentemente diurno). Questa alterna corrente di marea si presenta, con variabile ampiezza, in tutta la massa d'acqua sino al fondo.

Alla quota di circa 137 m. esiste il piano di separazione tra i due opposti flussi delle correnti progressive; ma i dati sono insufficenti per fissare definitivamente questa quota di separazione delle due controcorrenti permanenti.

I dati rilevati dal Gedge sono gli unici valori risultanti da misurazioni dirette, finora posseduti, ed hanno perciò un valore elevato, come fu riconosciuto generalmente. Vedremo però che le conclusioni del Gedge, come parecchie tra le notizie riferite dal Red sea Pilot, solo in parte sono di carattere generale, mentre errate risultano in punti di valore essenziale. Così non è vero che il ritmo delle correnti di marea sia irregolare, come dice il Red sea Pilot, ovvero sia di tipo diurno, con inversione ogni dodici ore, come conclude il Gedge; le fluttuazioni delle correnti di marea seguono un rimto bene definito con marcatissime fluttuazioni di circa sei ore; solo in epoca di massima declinazione lunare una delle fluttuazioni viene molto attenuata, specialmente

nelle quote profonde, così da dare l'illusione di un ritmo diurno. Vedremo che in epoca di declinazione lunare quasi nulla le due oscillazioni semidiurne delle correnti sono prossimamente uguali fra loro.

Così pure si vedrà che il piano di separazione tra le due correnti progressive di opposta direzione si eleva alquanto nella parte interna del canale, e si approssima a 100 m. Gli errori commessi nel generalizzare i rilievi del Gedge, o nell'affermare l'irregolarità globale dell'andamento delle correnti di marea, proviene dall'insufficienza delle osservazioni eseguite.

Il Gedge osserva che le misure delle correnti superficiali, fatte con log immerso nella scia della nave, dànno velocità notevolmentee inferiori alle effettive, mentre valori quasi identici a quelli reali superficiali furono ottenuti nelle misure fatte a quote di 9 m. I dati osservati dal Gedge saranno in parte riferiti e discussi nel §. 59.

RILIEVI DI CORRENTI ESEGUITI DALLE NAVI IDROGRAFICHE DELLA R. MARINA

§. 9 — Negli Annali Idrografici dell'Istituto Idrografico della Marina è data notizia di alcune valutazioni di correnti, eseguite da navi idrografiche. Ricorderemo quelle che possono presentare maggiore interesse.

Il Comandante della R. Nave *Volturno*, G. Del Giudice, fece accurate stime delle correnti esistenti nel mare meridionale, in varie epoche di monsoni, negli anni 1898-99, giungendo alle conclusioni seguenti (VII):

Durante il monsone da SE (ottobre-maggio) nella parte meridionale del mar Rosso, da Shab Shakhs verso Assab, la corrente è diretta da SE a NW, ritardando il cammino della nave in media da nodi ½ a ¾. Questa corrente presenta una componente principale parallela alla costa dancala, e un'altra componente rivolta verso l'asse del mare.

Durante il monsone da NE (giugno-settembre), che soffia meno violento di quello invernale da SE, la corrente scorre da NNE o da NE verso SSW o SW, con velocità talora maggiori della corrente invernale da SE. La corrente è resa evidente da larghe macchie di sabbia, provenienti dalle coste arabe, trasportate da NE a SW.

Lo stesso regime di correnti vale per la zona fra Assab e Perim.

Nel canale sud di Massaua si ha ancora lo stesso regime, con più deboli correnti, le quali, essendo ivi dirette come la rotta delle navi, non provocano deviazioni trasversali.

Nel canale di Shumma e in quello nord di Massaua durante i periodi di calma prevalgono correnti di marea.

Correnti da NE, con venti pure da NE o con calma, e deviazioni laterali furono rilevate dalla nave *Volturno* tra Suakin e lo stretto di Giubal.

Le constatazioni fatte dal Comand. Del Giudice confermerebbero quindi le notizie date nel « Red sea Pilot » circa l'inversione della corrente di deriva nei mesi estivi.

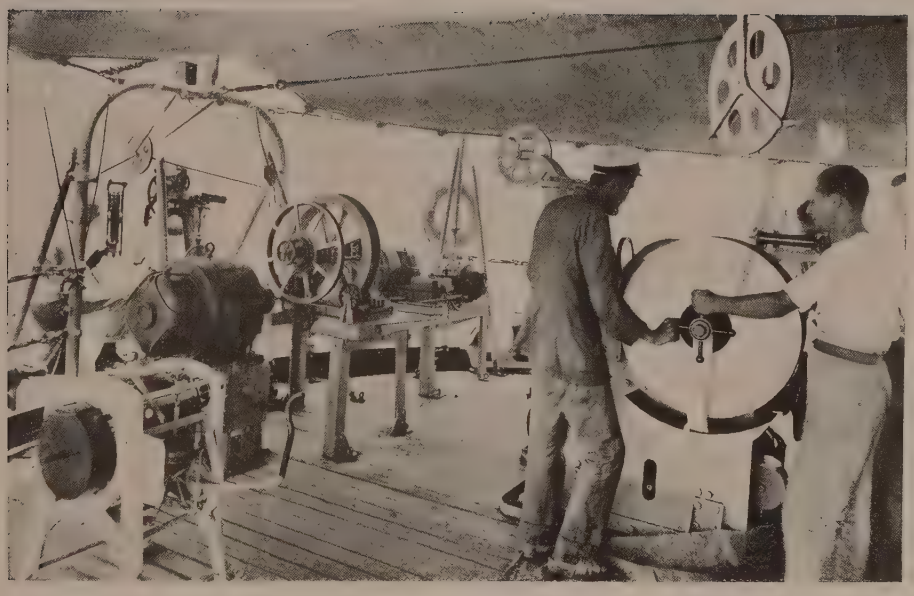


Fig. 3.

A POPPA DELLA R. N. « MAGNAGHI ».

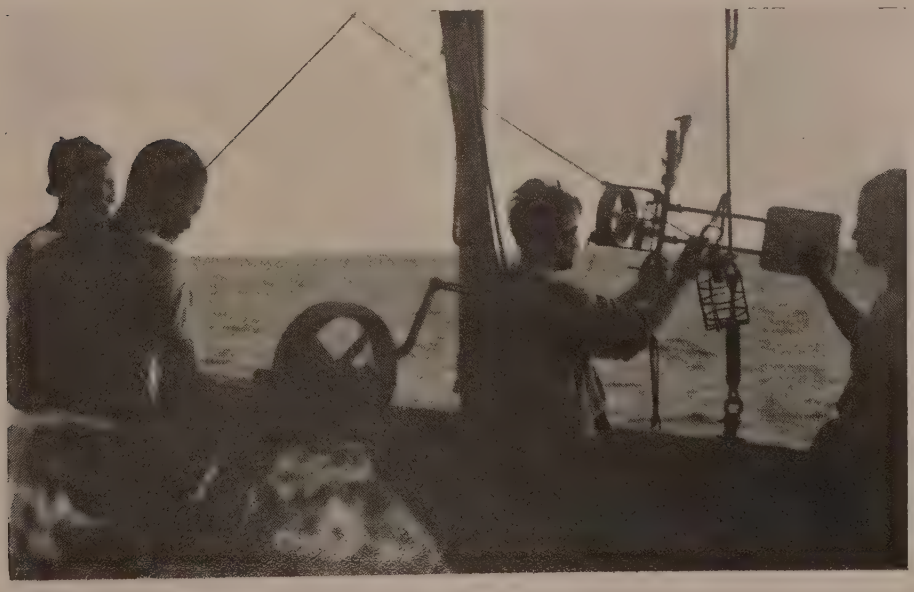


Fig. 3 *bis*.

SULLA CANNONIERA « G. ARIMONDI ». (*Fot. dell'A.*)

Fig. 4.
TOR (SINAI) - OSSERVATORIO (*Fot. dell'A.*)

Fig. 4 *bis*.
TOR (SINAI) - MAREOGRAFO (*Fot. dell'A.*)

§. 10 — Nel 3° volume degli Annali Idrografici è riferita una nota del Ten. di Vascello L. Boggiano (III), nella quale sono descritte le stime di correnti eseguite in numerosi punti del golfo di Aden e sulle coste della Somalia, in occasione di traversate eseguite dalla R. Nave *Colombo*, nel 1901. Si tratta di misure discontinue, occasionali e di valore forzatamente limitato.

Le velocità stimate risultano tuttavia generalmente orientate verso levante, nella parte centrale e settentrionale del golfo di Aden; nella zona costiera africana prevale la direzione verso ponente, ma si trovano anche direzioni orientate in modo diverso. La più parte di questi rilievi si riferisce ai mesi estivi, e potrebbero servire di completamento alle notizie già riferite, circa l'inversione della corrente superficiale di deriva, a Bab-el-Mandeb, nell'epoca estiva. La corrente superficiale, che allora sarebbe uscente dal mar Rosso proseguirebbe nella parte centrale del golfo di Aden verso l'oceano Indiano.

§. 11 — Conclusioni perfettamente opposte a quelle indicate nei testi nautici inglesi e nella relazione della nave *Volturno* (§. 9), sono date in una nota di poche righe, del Comandante della R. Nave *Giuliana*, V. Bresca (IV):

« Durante la permanenza a Taclai (Canale nord di Massaua) ed anche durante il viaggio, sia di andata che di ritorno, ho notato persistentemente una corrente da SE della velocità oraria di circa un miglio, nonostante che il vento e il mare venissero con costanza da NW; tale corrente ritengo debba attribuirsi all'effetto preponderante del Monsone che domina nell'oceano Indiano in questa stagione (estate) e che sospinge le acque nel golfo di Aden e quindi nel canale di Massaua producendovi sensibilissime correnti ».

§. 12 — Alla presenza di correnti trasversali nella parte settentrionale e centrale del mar Rosso, e a debole corrente da NW all'altezza delle isole di Suakin, accenna anche il Comand. della R. Nave *Piemonte*, L. Resio (XVIII). Non è detta l'epoca dell'osservazione, ma dalla data della notizia, ottobre 1913 può presumersi si tratti del mese stesso o del mese precedente.

Tutte queste informazioni appartengono al gruppo dei valori stimati, che vanno accolti colle riserve precisate nel §. 1.

§. 13 — Nella VII serie delle relazioni della Commissione austriaca per le ricerche oceanografiche, pubblicate in seguito alla spedizione della nave a. u. *Pola* nel mar Rosso (XV), il Sig. J. Luksch dalla distribuzione delle linee isoaline ed isoterme deduce la probabile distribuzione delle correnti in detto mare, e ne dà, nella Tav. V., una figurazione generale. Queste deduzioni sarebbero anche in accordo colle osservazioni fatte dagli ufficiali della nave *Pola*, durante la campagna. Il Luksch rileva che la figurazione da lui data, per le correnti del mar Rosso, rassomiglia intimamente a quella ammessa per l'Adriatico e per l'Egeo, in quanto le correnti circuiterebbero lungo le coste in verso opposto a quello dell'orologio.

Secondo il Luksch, dall'ingresso di Bab-el-Mandeb sino all'altezza dell'isola di Kamaran, sulla costa arabica, si avrebbe una corrente superficiale fredda e poco salsa, che salirebbe verso nord, piegherebbe in seguito a nord-ovest, e all'altezza di Lith si dividerebbe in due flussi, uno nettamente trasversale verso Suakin, e l'altro parallelo ancora alla costa araba. Al largo di Gidda,

di Yembo e di El Wei questa corrente litoranea risalente la costa araba darebbe origine a flussi trasversali verso ovest, analoghi a quelli che si hanno a nord delle isole Farisan.

La costa africana sarebbe caratterizzata invece da correnti discendenti verso SSE, dalle quali si staccherebbero flussi trasversali rivolti a est, in numerosi punti (isole Dedalo, Mersa Halaib, Ras Raweya, Suakin, fra le Dahlak e le Farisan, ecc.). Questa corrente discendente interesserebbe tutta la massa acquea, dalla superficie al fondo, e alimenterebbe le correnti sottomarine, che escono dal mar Rosso verso l'Indiano attraverso allo stretto di Bab-el-Mandeb, in forma di correnti sottomarine calde e molto salate.

Il Luksch osserva che per quanto la figurazione da lui proposta possa venire fortemente alterata dal vento, dalla pressione e dalle maree, sino ad essere addirittura invertita, tuttavia ritiene che la distribuzione isotermo-alina sia tale da originare, nella maggioranza dei casi, una distribuzione di correnti simile a quella da lui figurata.

Le osservazioni sulle deviazioni dalla rotta, fatte dagli ufficiali della nave *Pola*, posero in evidenza che gli scarti maggiori si presentano nelle zone dei grandi arcipelaghi corallini del mar Rosso centrale e meridionale. Dai valori stimati si cercò di eliminare i probabili influssi dovuti alle maree e al vento; i valori risultanti parvero orientati in senso trasversale all'asse del mare, e rivolti alternativamente dai banchi costieri al centro del mare, e dal centro del mare ai banchi costieri, così da formare come dei cicli che si richiudevano su sè stessi. Tali moti trasversali furono attribuiti a differenze termiche tra le zone costiere e i grandi fondali marini.

OSSERVAZIONI RIASSUNTIVE

§. 14 — Nessuno dei gruppi di notizie ricordate in questo capitolo porta a conclusioni sicure e generali, neppure per le sole correnti superficiali e per il solo lato qualitativo dei fenomeni. Gli unici dati basati su misure strumentali, sono quelli del Gedge. Ma la serie di essi è troppo breve; vedremo che le deduzioni di carattere generale, tratte da tali osservazioni, hanno servito finora a diffondere notizie errate sul regime effettivo delle acque nello stretto di Bab-el-Mandeb. Gli altri dati sono affetti da troppe incertezze, e abbiamo ricordato che le stesse autorità dell'Ammiragliato inglese avvertono di servirsene con precauzione. Le figurazioni proposte dal Luksch si basano sulla distribuzione di elementi fisici, determinati in epoche diverse del semestre ottobre-marzo, e non sono poggiate su controlli strumentali. Rappresentano quindi una semplice idealizzazione, il cui valore effettivo non è definito, e vedremo anzi essere in contrasto con le misurazioni dirette.

Le carte nautiche inglesi contengono l'avvertenza di stare guardinghi alle deviazioni dalla rotta provocate da forti ed occasionali correnti trasversali, che finora non risultano però in alcun modo precisate.

Il mar Rosso si presenta quindi come scarsamente conosciuto sotto aspetto dinamico. Le notizie nautiche e fisiche sinora raccolte non possono valere se non come indizio e orientamento per l'inizio di una esplorazione sistematica e precisa.

CAPITOLO II

Notizie sulle ricerche fisiche compiute nella crociera della R. N. " Magnaghi „

PROGRAMMA DELLA CROCIERA

§. 15 — La campagna eseguita dalla « Magnaghi » nel mar Rosso, dal settembre al giugno 1924, rappresenta un esperimento grandioso di abbinamento di rilievi idrografici e di ricerche talassografiche e geofisiche. Le incompatibilità tra i due ordini di lavori sono evidenti. Il rilievo idrografico obbliga la nave a restare lungo tempo entro ristretti specchi d'acqua. Le ricerche talassografiche esigono invece il libero spostamento della nave nelle epoche opportune e nei siti convenienti, seguendo organiche direttive, dipendenti dai problemi principali che si intendono affrontare.

Tuttavia l'abbinamento fu deciso, ritenendo che la « Magnaghi » stessa potesse dedicare ampi intervalli alle indagini oceanografiche, e si facesse ricorso all'impiego di navi ausiliarie, durante lo svolgimento dei rilievi idrografici da parte della *Magnaghi*. Senza pretendere il raggiungimento di risultati molto vasti e completi, parve si potesse sperare nel compimento di lavori abbastanza estesi ed importanti.

Durante la fase di preparazione della campagna fu dato l'annuncio di essa agli enti scientifici nazionali, con invito a presentare eventuali proposte di ricerche, proposte di cui si sarebbe tenuto conto, nei limiti del possibile, nella formulazione del programma definitivo.

In seguito a tale invito, il « Bureau Hydrographique International » di Monaco comunicava notizia di recenti risultati ottenuti dal Dr. G. Schott circa il regime termico delle acque abissali, perchè se ne tenesse il dovuto conto nelle ricerche da effettuare in mar Rosso.

Il Prof. Shaw, presidente della Sezione di Meteorologia dell'Unione Geodetica e Geofisica internazionale, assicurava eventuale appoggio in relazione al progetto di esplorazioni dell'alta atmosfera durante la campagna.

Il Segretario della sezione oceanografica dell'Unione internazionale predetta, Prof. Magrini, invitava ad approfondire le seguenti questioni:

1) Accertare quali siano le variazioni di livello alle due testate del canale di Suez e studiare il regime di compensazione dei livelli nel canale stesso;

2) se l'evaporazione tenda a produrre un sensibile aumento nella salinità superficiale, o se i moti convettivi siano tali da neutralizzare l'influenza;

3) approfondire lo studio dellla stratificazione termica superficiale del mare, in relazione a temperature elevate e a forti escursioni termiche giornaliere;

4) sottoporre ad analisi le acque del mar Rosso, per verificare se il rapporto dei vari sali disciolti si mantenga uguale, o paragonabile, a quello delle acque del Mediterraneo.

Le questioni comunicate dal Bureau Hydr. di Monaco, come quelle N° 2, 3 e 4 accennate dal Segretario della Sezione di Oceanografia, erano già virtualmente incluse nel programma di lavoro, come accenneremo. Per la questione 1 abbiamo ritenuto invece non fosse il caso di occuparcene, dal momento che il problema ha formato e forma oggetto di continue cure da parte della compagnia del Canale di Suez, mentre non potrebbe essere affrontato da una nave avente compiti oceanografici in zone lontane dal canale stesso.

§. 16 — Il campo di azione della *Magnaghi* era stato ampiamente solcato e sfruttato, sotto alcuni aspetti, dalla nave a. u. *Pola*, nelle due campagne ricordate (§. 13). L'esame dei dati raccolti e pubblicati rilevava tuttavia che restavano aperte molte lacune. Il mar Rosso meridionale risultava la parte meno esplorata; soltanto singole osservazioni erano state fatte, in una sola breve epoca dell'anno. Le lacune più gravi, in tutto il mar Rosso, riguardavano le maree e le correnti. Esclusi il porto di Suez e quello di Perim, per i quali erano note le costanti armoniche, di tutta la distesa del mare Rosso non si avevano che notizie imperfette, quali sono quelle figurate dagli stabilimenti di porto e dalle altezze massime e minime di marea (Cap. VII). Per le correnti, la nave *Pola* non fece misure; nè altri tentarono di farne, escluso solo il Gedge (§. 8), che operò per quattro giorni al largo di Perim, raccogliendo dati importanti, ma validi solo per l'epoca delle misure; dati che, generalizzati impropriamente, diffusero notizie errate sull'andamento dei fenomeni di corrente a Bab-el-Mandeb.

L'esplorazione completa del regime delle correnti, in questa via importantissima del traffico mondiale, rappresentava uno dei problemi che si imponevano alla nostra attenzione.

Deficienti conoscenze sulle condizioni fisiche del mar Rosso erano state deplorate già da altri autori, quali il Krümmel (XIV); ad esempio esiste mancanza assoluta di dati estivi; limitate sono le informazioni precise sulle condizioni meteorologiche locali e generali; poco note sono le relazioni fra il regime dei monsoni e quello dei venti stagionali spiranti nel mar Rosso meridionale.

Il campo delle indagini relative a problemi ancora insoluti o nuovi si presentava quindi molto esteso, troppo esteso per una campagna, in cui la parte

oceanografica costituiva solo uno degli aspetti del programma complessivo. Occorreva limitare entro confini ristretti e precisi, il programma dei lavori, per renderlo adeguato alle disponibilità di tempo e di spostamenti che si sarebbero potute avere.

§. 17 — Tenuto conto di tutti questi fatti, per accordi col Direttore dell'Istituto Idrografico e con il Comandante della *Magnaghi*, si convenne di fissare al programma delle ricerche fisiche i seguenti capisaldi:

a) Studio intensivo del mar Rosso meridionale, sotto i diversi aspetti fisici e dinamici;

b) misurazioni di corrente, distribuite in una rete di stazioni, per la cui scelta definitiva si sarebbe tenuto conto dell'esperienza acquisita in sito; queste misure avrebbero dovuto avere il massimo carattere intensivo a Bab-el-Mandeb;

c) posa di mareografi in una rete di porti estesa a tutto il mar Rosso;

d) istallazione di tre stazioni aerologiche a terra, nella colonia Eritrea; a bordo aggiungere, alle ordinarie osservazioni meteorologiche, altre misure di speciale interesse locale;

e) osservazioni di fisica marina in tutte le stazioni, compatibilmente colla postazione e coi lavori della nave.

§. 18 — In dipendenza da questo piano di lavoro fu predisposta la necessaria dotazione strumentale. L'Istituto Idrografico di Genova concorse per la massima parte; l'Istituto Geofisico del R. Comitato Talassografico pose a disposizione gli strumenti posseduti; il R. Magistrato alle acque di Venezia aggiunse alcuni mareografi portatili a quelli già concessi dall'Istituto Idrografico. In complesso la dotazione strumentale riuscì completa quanto si poteva desiderare. Gli accenni agli strumenti impiegati per le singole misure saranno dati nei capitoli corrispondenti.

§. 19 — All'atto pratico l'esecuzione del programma avvenne in queste condizioni:

1) Si trasse profitto del viaggio di andata, di quello di ritorno, e di altri spostamenti occasionali della nave, per la posa e il ritiro dei mareografi, come pure per singole serie di osservazioni talassografiche;

2) si ebbe a libera disposizione per esclusive ricerche talassografiche la *Magnaghi*, nel mese di dicembre 1923; mese che riuscì uno dei più fecondi per le ricerche descritte in questa relazione;

3) Si ebbe a disposizione la R. Cannoniera « Generale Arimondi » negli intervalli dal 21 al 25 aprile 1923, dal 19 gennaio al 4 febbraio e dal 12 marzo al 7 aprile 1924; periodi ostacolati quasi sempre dal maltempo e da pessime condizioni di mare, che non tolsero tuttavia di compiere utili lavori e non impedirono principalmente di condurre a felice compimento la stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb, stazione che costituiva l'impresa più importante nel programma di oceanografia fisica.

4) Si trasse profitto, infine, di tutte le contingenze, sia durante lo svolgimento dei lavori idrografici, sia negli intervalli in cui la nave era alla fonda al largo di margini costieri, o nei porti, per eseguire le ricerche compatibili, per fare esplorazioni sulle coste o nell'interno, tra le quali notevole una estesa ricerca, fatta assieme al chimico Prof. Picotti, sulla radioattività delle acque coloniali eritree.

§. 20 — L'estensione raggiunta nelle determinazioni sperimentali eseguite durante le crociere ed i risultati conseguiti negli studi successivi saranno messi in luce nel seguito di questa relazione, per quanto concerne le maree e le correnti, e in relazioni successive, per la trattazione degli altri argomenti.

Si rileverà, in complesso, che lo studio propostoci del mar Rosso meridionale, sulla base di ricerche intensive, estese quindi non solo ai momentanei valori di una misurazione, ma rivolte allo studio delle variazioni dei fenomeni generali e locali, è riuscito abbastanza vasto, per quanto siano mancate osservazioni in epoche di speciale interesse, data l'impossibilità di distogliere la nave da altre incombenze.

Per quanto riguarda le correnti, le misurazioni furono distribuite lungo quattro linee trasversali, tra il 17° parallelo e lo stretto di Bab-el-Mandeb, e furono estese nel modo più ampio possibile nei dintorni di quest'ultima località. Non tutte le stazioni poterono essere ripetute in epoche diverse. Le durate di ogni stazione e le quote, a cui furono eseguite le osservazioni, furono scelte in base ad accurato esame del locale andamento dei fenomeni e a seconda dell'importanza della zona da esplorare. Nei punti di speciale interesse, come nello stretto piccolo di Bab-el-Mandeb, le stazioni furono estese a serie consecutive di 48 ore di osservazioni. E la stazione fondamentale di Bab-el-Mandeb, nello stretto principale, fu proseguita ininterottamente per 15 giorni consecutivi, tale essendo il limite minimo di tempo richiesto per dare alle curve delle correnti di marea una figurazione armonica di carattere generale. Il valore di questa stazione sarà messo in pieno rilievo nei Cap. III e seguenti.

Per lo studio delle maree vennero disposti dalla *Magnaghi* sette impianti mareografici, che saranno descritti nel Cap. VII. Per benevola concessione del Governo Egiziano, un ufficiale della Marina Egiziana, il Comand. Mohammed Salem el Badan, provvide a trasferire i due mareografi da noi istallati in territorio egiziano (Tor e Koseir) dopo circa due mesi di funzionamento, in altre due località (Shadwan, Ashrafi); e a trasferire, un mese e mezzo dopo, gli stessi apparecchi in altre due stazioni (Zafarana, Ras Gharib), conseguendo così il risultato di avere serie mensili di registrazioni in sei differenti punti costieri. In totale siamo così venuti in possesso di 11 serie di osservazioni mareografiche estese da un minimo di un mese ad oltre sei mesi. Alle costanti armoniche note di Suez e del golfo di Aden, possiamo quindi aggiungere altre undici serie di costanti armoniche, per altrettanti punti sparsi per tutto il mar Rosso.

Le progettate stazioni aerologiche, che avrebbero dovuto funzionare a terra durante la crociera, furono poste a Massaua, ad Assab e ad Asmara, provviste di personale allenato dall'Istituto Idrografico della Marina e di tutto il materiale occorrente, messo a disposizione dall'Istituto stesso. Dei dati raccolti

sarà fatto uno studio a parte. Le osservazioni meteorologiche di bordo furono completate, per lo speciale interesse che potevano avere, con misure quotidiane dell'evaporazione e del massimo termico indicato da termometri ad insolazione.

I viaggi della nave, oltre che per la posa e il successivo ritiro dei mareografi, furono sfruttati per eseguire serie di misure e determinazioni varie, specialmente in corrispondenza dei maggiori fondali marini. Nel golfo di Aden simili ricerche furono eseguite sino a notevole distanza, coll'intendimento di verificare i limiti di espansione, nel mare Arabico, delle acque calde e salse provenienti dagli strati profondi del mar Rosso.

Tra le ricerche ottiche segnaleremo una serie di prove sull'assorbimento specifico delle diverse radiazioni luminose e sui limiti della massima penetrazione della luce, che risultarono essere più profondi di quanto siasi ritenuto in passato.

§. 21 — Abbiamo anticipato, in queste pagine, qualche sommario cenno sulle ricerche che dovremo ora esporre e discutere minutamente. Questi cenni rivelano che il programma di lavoro, dianzi esposto, potè essere svolto nelle sue linee essenziali, per quanto i vincoli imposti alla nave, dalle varie incombenze ad essa affidate, abbiano tolto di raggiungere quella pienezza di risultati, che sarebbe stata possibile in una campagna puramente oceanografica, e abbiano perciò lasciate manchevolezze notevoli nelle serie dei dati raccolti ed elaborati.

Tali manchevolezze non tolgono che queste serie siano organicamente collegate, formate di valori in gran parte nuovi, tali da valorizzare pienamente una campagna e da consentire ampi sviluppi sperimentali e teorici. Alcuni lavori, come la serie quindicinale di Bab-el-Mandeb; ed alcuni risultati, che ora presentiamo, quali sono le figurazioni delle maree del mar Rosso e le tavole delle correnti di Bab-el-Mandeb, per uso nautico, ci sembrano tali da portare un contributo di non lieve importanza nel campo delle conoscenze talassografiche.

§. 22 — Se questi risultati furono possibili, pur colle restrizioni avute nello svolgimento dei lavori, in condizioni climaticamente sfavorevoli, aggravate da non lievi disagi e da persistenti cattive condizioni del mare, ciò è dovuto all'organizzazione accurata della Campagna; alla collaborazione cordiale e all'abnegazione dei Comandanti, degli ufficiali e degli equipaggi della *Magnaghi* e dell'*Arimondi;* e alle agevolazioni che furono disposte, in ogni occasione, dal Ministero della Marina, dal Comitato Talassografico e dal Governo Coloniale dell'Eritrea.

L'accoglienza che la *Magnaghi* ebbe in tutti i porti del mar Rosso, sulle sponde egiziane, in quelle sudanesi ed eritree, nei possedimenti inglesi di Perim, Aden e Kamaran, e nel porto di Gidda (Heggiaz), sono indimenticabili. Grazie alla benevolenza delle autorità locali e alle volenterose prestazioni di gentili persone, fu possibile assicurare il funzionamento dei mareografi, che dovevamo abbandonare dopo l'istallazione, per cui la nostra opera

sarebbe riuscita vana, senza la intelligente e volenterosa opera di sorveglianza e di manutenzione che fortunatamente potemmo trovare nei vari porti.

§. 23 — Le ricerche trattate in questo primo studio si basano principalmente su quella parte di lavoro che si svolse in forma di stazioni con nave ancorata; negli studi successivi interesserà considerare anche le stazioni fatte con nave alla deriva. Per ora ci limitiamo a presentare l'elenco delle stazioni fatte con nave ancorata.

Distingueremo due gruppi. Nel primo riuniamo le stazioni fatte espressamente per misure di corrente; esse risultano distribuite in corrispondenza di zone stabilite, sono fatte nei siti voluti e, quando fu possibile, anche nelle epoche ritenute convenienti. Esse costituiscono il nucleo principale di dati dei quali disponiamo per studi di carattere locale e generale.

Il secondo gruppo è formato da numerose stazioni, quasi tutte però a ridosso di coste o di isole. Corrispondono ai siti in cui la *Magnaghi*, durante i lavori idrografici o in altre occasioni, rimase alla fonda. Si tratta quasi sempre di intervalli notturni. I dati di corrente, raccolti in tali stazioni, sono di valore prevalentemente locale e non si prestano a studi più vasti, come quelli del primo gruppo.

Di ogni stazione viene indicata la postazione geografica, il nome della località prossima, la durata in ore e la profondità del punto di ancoraggio.

Le stazioni del primo gruppo furono eseguite, per la massima parte, in pessime condizioni di mare, e sotto un vento gagliardo da SE, che soffiò talora così vecmente da rendere impossibile il lavoro e la permanenza al largo in mare della piccola nave *Arimondi*. La stessa stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb, oltre a presentare una fatica immane, fu un duro esercizio di equilibrio e di disagio; la sola tenace volontà di riuscire ad ogni costo, consentì di vincere gli avversi elementi.

Segue alla pagina seguente l'elenco delle stazioni e degli ancoraggi nei quali si fecero misure di corrente:

Fig. 5.
KOSEIR (EGITTO) – VEDUTA DEL PORTO (*Fot. dell'A.*)

Fig. 5 *bis*.
KOSEIR (EGITTO) – MAREOGRAFO (*Fot. dell'A.*)

Stazioni ed ancoraggi

nei quali si fecero misure di corrente

DATA	Stazioni eseguite	Numero	Durata ore	Quota m.	Latitudine	Longitud.	POSIZIONE
Ottobre 1923							
12–13		18	12	42	29° 10′ 00″	32° 55′ 00″	Ras Mallap
13–14		22	12	25	29 4	32 41	Ras Zafarana
16–17		35	11	34	28 15 12	33 23 12	Banchi di Tor
Dicembre							
13–15		80	33½	19	12 39 55	43 26 56	Bab-el-Mandeb can. picc.
15–17	R. N. *Magnaghi*	82	34	50	12 46 30	43 11 40	Ras Dumeira
18–19		83	29	48	12 48 36	43 19 24	Nord di Perim
20–21		84	23	42½	13 8 6	43 11 42	Largo di Mokha
21–22		87	25½	42	13 7 30	42 57 35	Nord di scogli Scilla
26		90	12	36	15 0 30	42 31 30	Zebayir
28–30		93	33	42	14 41	41 14 12	Ras Shakhs
Gennaio 1924							
20–21		100	16	41	16 50	40 10 30	Fuori delle Dahlak
23		102	1	50	16 48	41 19 30	Fuori delle Farisan
25	Regia Cannoniera	103	10	50	14 27	42 47	Khor Ghuleifakeh
Marzo-Aprile	*Cen. Arimondi*						
17–18		119	39	18	12 40 36	43 26 30	Bab-el-Mandeb can. picc.
19–3		120	353	172	12 42 30	43 17 40	Bab-el-Mandeb can. gr.
5–6		124	15	45	13 55	42 5 20	Gebel Abayil
Novembre 1923							
8–9		55	—	18	15 5 50	40 26 30	Umm es Sahrig
9		56	—	15	15 7 37	40 21 22	» »
12		58	—	15	15 5 50	40 27 40	» »
13		59	—	14½	15 5 30	40 27 10	» »
14–15		60	—	34	15 1 0	40 40 0	» »
15–16		61	—	33	15 4 0	40 39 0	» »
16		62	—	10	15 2 24	40 30 54	Ras Andadda
17–18		63	—	8½	15 13 9	40 13 6	Adiuz
19		64	—	37	15 1 30	40 42 45	Ras Maurekh
20		65	—	13	15 13 9	40 13 6	Adiuz
27		71	—	24	15 6 50	40 30 45	Umm es Sahrig
Dicembre							
29	Ancoraggi sotto costa	94	—	23	15 2 40	40 36 5	Ras Gurmud
Gennaio 1924	o fra le isole						
4		96	—	11	13 41 15	42 9 15	Rakhmat
29		105	—	10	13 40 55	42 8 45	»
Febbraio							
5		108	—	25	15 3 12	40 36 11	Ras Andadda
7		110	—	33	15 29 50	39 56 35	Assarca
8		111	—	28	15 2 0	40 38 15	Ras Gurmud
10–11		113	—	30	14 50 30	40 53 55	Anfila
Aprile							
11–12		128	—	25	14 47 30	40 57 3	Daramsas
12–13		129	—	28	14 43 45	40 52 30	Ras Maurekh
17		134	—	38	14 52 30	41 0 30	Daramsas
17–18		135	—	35	14 55 0	48 5 0	»
Maggio							
26		158	—	11	28 20 26	33 7 15	Ras Gharib
27		159	—	4	29 5 45	30 41 7	Zafarana

§. 24 — La crociera della *Magnaghi* fu iniziata tre mesi dopo la fine delle campagne compiute dalla R. Nave *Marsigli* nelle acque di Messina. Gli stessi specialisti, che avevano eseguito le ricerche fisiche, chimiche e biologiche a Messina, ebbero l'incarico delle analoghe ricerche in mar Rosso. I laboratori, gli impianti e i materiali scientifici della *Marsigli* furono trasferiti sulla *Magnaghi*, completati con dotazioni nuove, così che la nave ebbe un allestimento talassografico molto completo.

L'esperienza acquisita nelle due campagne di Messina aveva confermato la convenienza delle direttive che erano state ivi seguite nell'esplorazione dei fattori fisici e dinamici; nella campagna del mar Rosso si pensò di uniformarsi ad esse pur introducendo tutte le varianti derivanti dalle specifiche condizioni, che si sarebbero controllate in sito.

Come nell'esecuzione dei lavori, così nella elaborazione dei dati raccolti parve che il lavoro compiuto per lo stretto di Messina dovesse ancora servire di guida. La relazione, che ora si presenta ha svolgimento affine a quella relativa alla campagna di Messina, che si trova in via di pubblicazione tra le Memorie del R. Comitato Talassografico Italiano (XXIV).

Nel corso delle trattazioni seguenti avremo occasione di accennare varie volte alle analogie e alle differenze tra i fenomeni rilevati nello stretto di Bab-el-Mandeb e quelli precisati per Messina. Si tratta di due ordini di fenomeni, che nei mutui confronti si illuminano a vicenda. Sarebbe interessante stabilire confronti col regime delle acque di altri stretti; ma le notizie che di essi abbiamo sono così deficienti e lontane dalle precise figurazioni generali, stabilite ora per Messina e Bab-el-Mandeb, che tali raffronti sono resi impossibili. Pur troppo anche campagne recenti sono ancora condotte sulla base di semplici determinazioni termico-saline. Le induzioni sul regime dinamico delle acque di Gibilterra, fatte da R. de Buen (V), sono poggiate sulla distribuzione di tali elementi, come era stato fatto dal Luksch (XV) per il mar Rosso. Vedremo che le figurazioni del Luksch non corrispondono affatto alle misurazioni da noi eseguite (§. 152). Di fronte a fenomeni di marea, o influenzati dalla marea, le deduzioni indirette non possono sostituire le misurazioni dirette dei moti; e anche queste ultime riescono inadeguate, se non sono estese a intervalli sufficienti per la deduzione delle caratteristiche delle onde di marea.

§. 25 — Nello studio di dati rilevati in una campagna promossa dall'Istituto Idrografico della Marina importava mirare non solo al lato scientifico dei problemi, ma anche al raggiungimento di applicazioni immediate nel campo nautico, conforme alle direttive che l'Istituto si propone nei suoi lavori. Come principale risultato, a cui si sarebbe potuto mirare nel campo delle applicazioni pratiche, si presentava la costruzione di tavole delle correnti per i naviganti.

Anche per questa parte del lavoro la via era spianata, dopo che avevamo risolto, nel modo più completo che fosse possibile, lo stesso problema per lo stretto di Messina (XXIV). Già in questo caso ci eravamo trovati di fronte alla necessità di non limitare la valutazione delle velocità delle correnti sulla base delle sole onde semidiurne lunare (M_2) e solare (S_2), come è possibile fare nel caso delle correnti di marea di tipo nettamente sinodico. Le disuguaglianze diurne e stagionali, derivanti principalmente dai termini a periodo diurno, a

Messina risultarono così rilevanti da consigliare la valutazione di questi termini nelle tavole generali delle correnti. In mancanza di esperienza, in simile campo di indagini, abbiamo dovuto tentare una soluzione, che parve abbastanza soddisfacente, e condusse ad ottimi risultati. La stessa soluzione fu adottata per lo stretto di Bab-el-Mandeb, ove le curve di marea e di corrente di marea sono plasmate in forma prevalente dai termini declinazionali, e quindi riesce indispensabile calcolare le velocità delle correnti tenendo conto anche degli armonici corrispondenti.

Le due campagne di Messina, fatte in un limitato specchio d'acqua, con piena disponibilità della nave talassografica e con obbiettivi limitati e precisi, condussero al raggiungimento di dati organici e abbastanza completi, così da fare ritenere che al regime delle acque, quale venne stabilito, poche aggiunte o modificazioni potranno recare eventuali ricerche future.

Per il mar Rosso invece, le condizioni sono molto diverse. L'immensa estensione del mare è tale che un'esplorazione diretta dei moti, che in esso si svolgono, non può essere compiuta se non in campagne lunghe e ripetute. Il lavoro fatto nel corso di una campagna di tipo misto, come quella della *Magnaghi*, necessariamente segna solo l'inizio, non il completamento di una esplorazione. Anche per le zone nelle quali si svolsero più estesi lavori, quali gli stretti di Bab-el-Mandeb, alcune trasversali a nord di esso e alcuni punti del golfo di Suez, non fu possibile raggiungere il minimo necessario nella raccolta dei dati. Alcuni risultati essenziali sono tuttavia ormai assicurati, quali i caratteri generali delle maree del mar Rosso e la conoscenza completa del regime delle correnti di marea a Bab-el-Mandeb. Ma restano ampie lacune. Così conosciamo ora il regime invernale delle correnti di deriva; ma nulla sappiamo dei valori di esse nelle epoche da giugno a settembre. E questa lacuna assai grave non può essere colmata colle notizie date in proposito nei libri nautici, troppo limitate e incerte.

Le ricerche e le deduzioni che presentiamo interessano problemi ben precisi e forniscono per essi salde basi. Non sono tuttavia tali da fornire soluzioni complete, come si potè ottenere nelle campagne di Messina. Occorrono altre osservazioni specialmente estive, per le quali i risultati già conseguiti forniscono ormai larghe basi di orientamento.

CAPITOLO III

La stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb

NOTIZIE SULLA STAZIONE E SULLE MISURAZIONI COMPIUTE

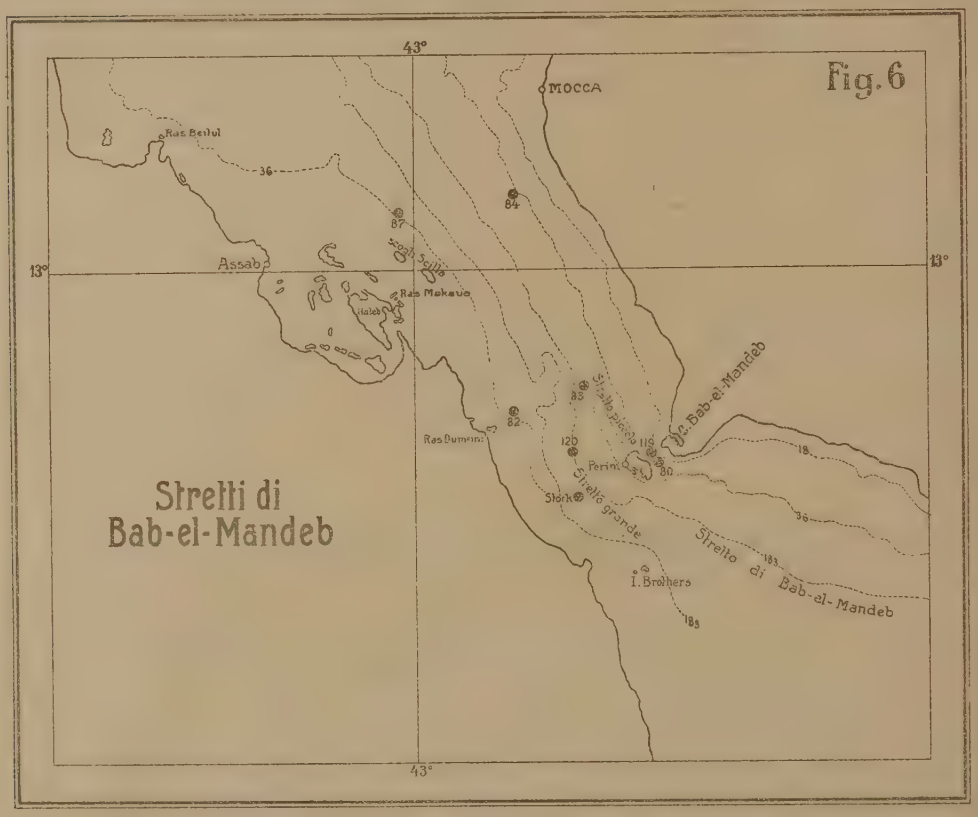
§. 26 — L'esecuzione di una stazione quindicinale di misurazioni orarie era stata considerata, sin dall'inizio della campagna, come uno dei punti fondamentali del programma.

La stazione fu eseguita colla R. Cannoniera *Generale Arimondi*. Di sposte le necessarie istallazioni a bordo, la nave *Arimondi* il 17 marzo, alle 7, si ancorava nello stretto piccolo di Bab-el-Mandeb, sotto l'infuriare di vento fortissimo e di mare molto agitato. Si era stabilito di anticipare una stazione di 48 ore nello stretto piccolo (staz. 119), in attesa che le condizioni del tempo, migliorando alquanto, non compromettessero sin dall'inizio la stazione quindicinale, che si voleva eseguire nel canale grande.

La stazione 119 terminò il giorno 19 alle ore 6. Le due giornate di lavoro nel canale piccolo consentirono di allenare alle manovre strumentali il personale della nave, così da poter fidare sulla sicurezza delle operazioni molto più lunghe che sarebbero occorse nel canale grande.

Alle 9^h del 19 marzo la nave era ancorata nel canale grande, circa 6 mg. a WNW di Balfe Point; (isola di Perim) (lat. 12° 42′ 30″; long. 43° 17′ 40″), e si poteva dare inizio al lavoro delle misurazioni. L'ancoraggio era stato studiato e predisposto con molta cura dal Comandante, 1° Tenente di Vascello R. Novelli, e fu eseguito in modo perfetto. L'ancora fu legata a un ormeggio costituito da 517 m. di catena alternata con spezzoni di grosso cavo di acciaio. La nave restò saldamente alla fonda per tutti i quindici giorni preventivati, a malgrado dell'impeto del vento, che soffiò forte per dodici giorni (fig. 7), durante i quali il mare fu sempre agitato, e talora agitatissimo. Le onde sollevavano le acque fin sul ponte di comando, scavalcando le murate.

obbligando a precauzioni continue per restare in equilibrio ed eseguire le manovre occorrenti nelle misure. Gli ultimi tre giorni furono l'unico intervallo di tregua in questo lungo periodo di lavoro.



Le prime misure fatte nella stazione 120 orientarono sulla scelta conveniente delle quote per l'esecuzione delle misure. A partire dalla sera del giorno 19 le misurazioni delle correnti vennero così distribuite:

quote m. 5 e 100, ogni ora, con il correntometro E. M. 45;
quote m. 20 e 50, in ore alterne, con il correntometro Boccardo 4;
quote 130 e 150, in ore alterne, con il correntometro E. M. 45.

I fondali, nel punto di ancoraggio, in base a ripetuti scandagli, risultarono di 170 m. La misura a quota 150 era quindi abbastanza prossima al fondo.

Con l'adottata distribuzione delle misure, ogni ora si dovevano fare quattro determinazioni. Non fu praticamente possibile superare questo numero, perchè le manovre, fatte tutte con verricelli a mano, esigevano molto tempo e stancavano fortemente gli ascari addetti al duro lavoro; le lunghezze del cavo erano molto maggiori di quelle delle quote corrispondenti (§. 27); le misure erano spesso ripetute per controllo, o fatte in parallelo con due strumenti, per accertare l'omogeneità dei dati.

Ad intervalli maggiori di quelli ora indicati erano eseguite le altre misure fisiche, chimiche e biologiche: determinazioni termiche; raccolta di saggi di

acqua per analisi dei sali e dei gas; prove batimetriche per lo studio dell'influenza delle correnti di varia direzione sulla curvatura dei cavi e quindi sulla valutazione delle profondità; pesca planctonica; penetrazione delle varie radiazioni in profondità; ecc.

Quando l'esecuzione di queste misure metteva in pericolo la sicurezza degli strumenti (i cavi facilmente si impigliavano in profondità), la distribuzione delle misure di corrente veniva variata in guisa da assicurare sempre misure orarie per le quote superficiali, e misure almeno biorarie per quelle profonde.

§. 27 — Nella stazione quindicinale, come in tutte le altre, le misure vennero eseguite a quote effettive, ritenendole determinate con sufficiente esattezza dai fattori del De Marchi. Effettivamente a Bab-el-Mandeb non si verificano le premesse della teoria del De Marchi sull'omogeneità della corrente in tutta la massa d'acqua.

Una perfetta corrispondenza tra constatazioni dirette, eseguite con speciali batimetri manometrici, quali furono compiute durante la crociera di Messina, e i fattori del De Marchi, non poteva più esistere a Bab-el-Mandeb. Si intraprese una nuova serie di determinazioni sperimentali per esaminare sino a qual punto una teoria basata sull'ipotesi di una distribuzione varia e discontinua delle correnti potrebbe precisare i fattori di riduzione che meglio convengono al caso di Bab-el-Mandeb. Sarà data in seguito una relazione conclusiva su questa ricerca, che interessa specialmente le misurazioni termiche. Nel caso delle correnti, piccoli errori nella valutazione delle quote sono di scarso valore, di fronte alle incertezze di ordine ben più grave, provenienti da altri fattori (§. 43).

Le quote effettive, valutate di volta in volta in base ai fattori del De Marchi, possono essere ritenute abbastanza approssimate, nel caso nostro, anche per il fatto che le inclinazioni dei cavi di sospensione non riuscirono mai così elevate come si era riscontrato nello stretto di Messina. Di fronte ad angoli di 70°-75°, che a Messina sono di frequente osservati, a Bab-el-Mandeb le inclinazioni massime oscillarono attorno a 50°-60°, e più spesso si mantennero inferiori ai 40°. Questo diverso comportamento proviene in parte dalla minore velocità delle correnti di Bab-el-Mandeb (sono di poco superiori alla metà di quelle che si hanno sulla sella di Punta Pezzo, a Messina), e in parte dalle controcorrenti, che si presentano negli strati inferiori.

Questi limitati valori delle inclinazioni riducono di molto gli errori che si possono commettere nella stima delle profondità effettive.

§. 28 — Il lavoro procedette regolarmente; la durissima fatica fu coronata dalla completa riuscita del tentativo. L'entusiasmo e l'abnegazione con cui tutti, Comandante, sott'ufficiali ed equipaggio, secondarono i lavori, spiegano come fu possibile rimanere all'ancora, schiaffeggiati dal mare, sotto l'imperversare di un vento incessante, che oltrepassava spesso 14 m/sec. (misurati con un anemometro a mano Seibt-Fuess), intenti a un lavoro estenuane, aggravato da disagi di ogni sorta.

Le condizioni del mare e del tempo avrebbero forse compromesso la stabilità dell'ancoraggio e dell'ormeggio, se una condizione particolarmente favorevole non avesse contribuito a nostro favore.

L'epoca dei venti invernali, come si è ricordato nel §. 7, aggiunge agli alterni flussi di marea un moto di deriva così forte, che le correnti non presentano più inversioni in superficie, pur conservando le periodiche fluttuazioni di velocità dovute alle maree. Non essendovi inversione di corrente, la nave si mantiene nel medesimo orientamento, e quindi in condizioni di maggiore stabilità. Nei siti ove le alterne correnti provocano inversioni di moto ogni sei ore circa, come a Messina, anche la nave subisce periodiche girazioni di 180°, seguite spesso da scarrocci e da rapide ampie fluttuazioni, per cui le difficoltà di ancoraggio risultano molto accresciute, e la sicurezza degli ormeggi è messa in pericolo continuo.

Anche nello stretto di Bab-el-Mandeb, per quanto in misura molto minore che a Messina, si presentano moti vorticosi. La frequenza di turbolenze è massima negli strati di separazione di opposti flussi, strati che vedremo essere molto profondi, per cui i moti vorticosi generalmente non risalgono sino alla superficie. Le misure, in questi strati profondi, vennero fatte possibilmente con correntometri Ekman-Merz, i quali precisano le variazioni di direzione avvenute durante la misura e consentono quindi di avvertire l'esistenza di moti vorticosi e di determinare la direzione prevalente del moto, momentaneamente turbata da vortici. Simile deduzione non è consentita dagli strumenti Boccardo, che dànno una sola indicazione di direzione; ove questa sia fissata in momento di fluttuazioni turbolente, riesce spesso errata. Ma l'errore viene facilmente rilevato e corretto dall'esame della successione dei valori misurati, figurati con grafici.

§. 29 — Verso la fine della stazione quindicinale rimase perduta in mare la bussola del corr. E.M. 45. Perdita analoga era avvenuta nella stazione 119 per il corr. E.M. 27. L'uso di questi strumenti dovette allora essere limitato alle quote superficiali, ove la direzione era costantemente rivolta a NNW, e poteva, in eventuali deviazioni, essere controllata a vista; e alla quota 150, ove l'inversione di corrente avveniva solo per brevi intervalli, durante i quali si facevano le misure con apparecchi Boccardo. Per le altre quote si impiegarono unicamente questi ultimi strumenti.

Il corr. Boccardo N° 4 ebbe a subire una sostituzione di elica; ma i controlli successivi dimostrarono che la sensibilità dello strumento non risultava variata. Le differenze di valori, rispetto al corr. E. M. 45, preso come campione, si mantennero entro i limiti di circa 5 cm/sec. Gli errori strumentali possono essere ritenuti inferiori a questo limite.

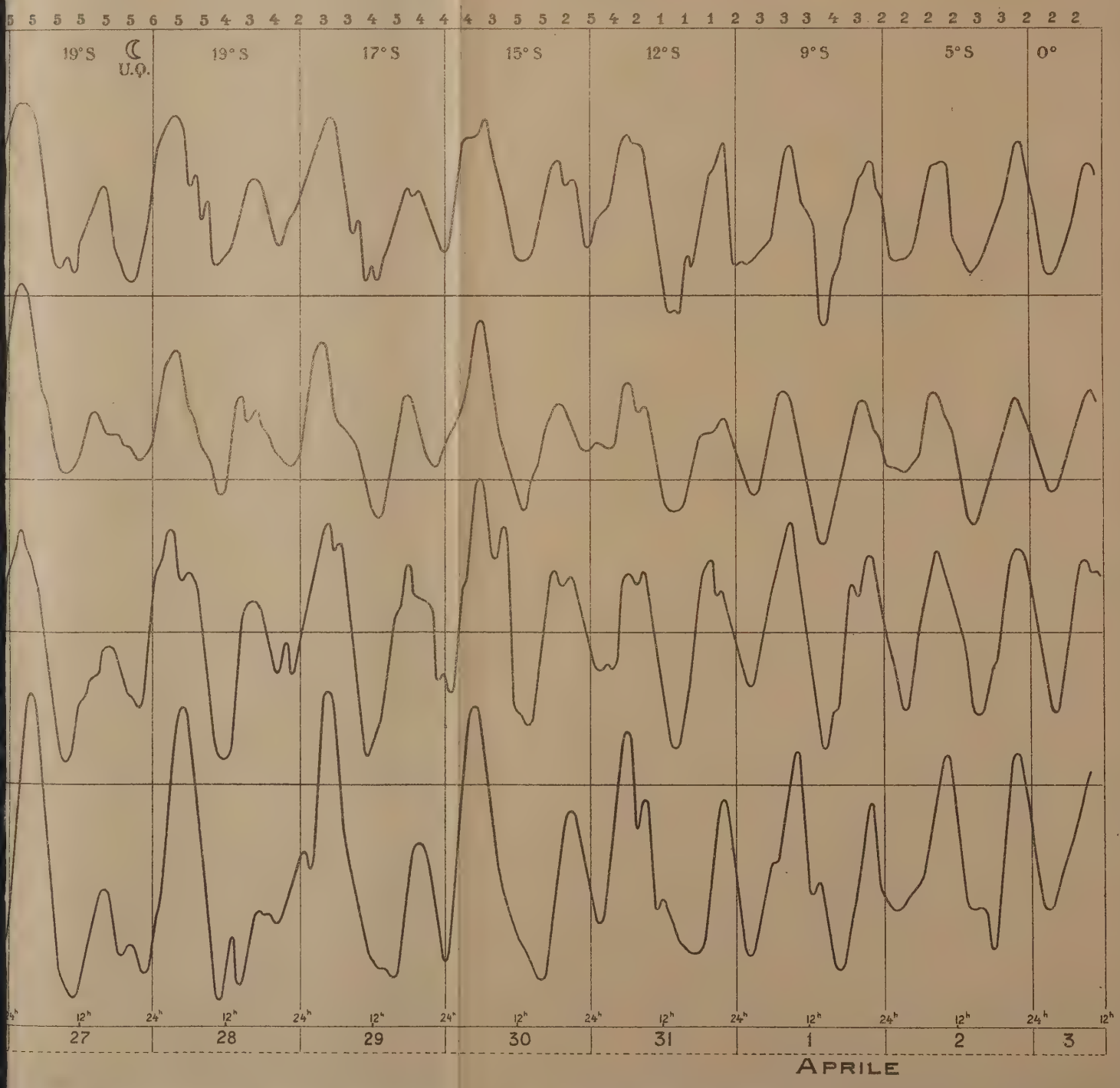
Il giorno 3 aprile la stazione quindicinale aveva termine; ormeggio ed ancora venivano felicemente salpati, con lunga ed abile manovra, e l'*Arimondi* entrava a Perim per i rifornimenti richiesti dai successivi lavori.

§. 30 — I dati di osservazione, rilevati nella stazione quindicinale 120, sono riassunti nei quadri seguenti.

Staz. 120 - Bab-el-Mandeb - Di
Velocità del vento (scala Beaufort)
miglia : ora
9° N
5° N
L.P.
0°
4° S
Perigeo
12° S
15° S
18° S
Quota m. 5
Quota m. 50
Quota m. 100
Quota m. 150
19
20
21
22
23
24
25
26
MARZO 1924

Fig. 7

agrammi delle correnti



STAZIONE N. 120 — ($\varphi = 12°42'30''$ $\lambda = 43°17'40''$) - *profondità m. 170*

Località Bab-el-Mandeb (stretto grande)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1924	10. 50	5	127	31	SSE	ser.	Agit.
Marzo	. 58	50	60	32	mod.		
19	11. 5	100	44	34			
	. 20	150	46	9*			
	. 42	125	13	23			
»	12.	5	100	32	»	»	»
»	13.	5	72	34	»	»	»
	. 12	100	24	8			
	. 55	150	93	12*			
»	14. 12	5	38	0	»	»	»
	. 15	50	21	33			
	. 25	100	73	34*			
	. 32	5	45	33			
»	15. 7	5	45	0	»	»	»
	. 7	20	37	35			
	. 14	100	66	24			
	. 20	130	88	22**			
»	16. 10	5	42	2	SE	»	Legg.
	. 10	50	22	33	mod.		agit.
	. 17	100	47	22			
	. 28	150	120	5**			
»	17. 7	5	59	33	SE	»	Agit.
	. 13	20	59	33	teso		
	. 55	130	106	12*			
»	18. 0	5	79	34	»	»	»
	. 5	50	67	35			
	. 20	100	28	32**			
	. 35	150	133	23			
»	19. 0	5	100	32	»	»	»
	. 5	20	80	33			
	. 18	100	16	1			
	. 32	130	88	0*			
»	20. 0	5	108	33	»	»	»
	. 10	50	80	34			
	. 18	100	17	»»			
	. 32	150	93	22			
»	21. 3	5	96	33	»	»	»
	. 9	20	103	34			
	. 10	100	48	1			
	. 37	130	44	23			
»	22. 0	5	87	33	»	»	»
	. 0	50	72	34			
	. 7	100	28	0			
	. 20	150	68	23			
»	23. 2	5	112	33	»	»	»
	. 2	20	95	34			
	. 8	100	20	35			
	. 18	130	51	»»			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	0. 7	5	95	33	SE	ser.	Agit.
20	. 15	50	51	35	abb.		
	. 26	100	21	21	forte		
	. 36	150	56	12*			
»	1. 9	5	70	33	»	»	»
	. 13	20	77	»»			
	. 20	100	20	22			
	. 30	130	67	23*			
»	2. 0	5	63	0	»	»	»
	. 0	50	43	33			
	. 8	100	32	35			
	. 17	150	104	13			
»	3. 0	5	69	34	»	»	»
	. 10	20	54	»»			
	. 0	100	36	13*			
	. 13	130	87	25			
»	4. 0	5	54	2	»	»	»
	. 5	50	43	31			
	. 12	100	22	22			
	. 35	150	126	23			
»	5. 0	5	74	35	»	»	»
	. 0	20	72	0			
	. 8	100	21	11			
	. 18	130	106	24			
»	6. 0	5	88	35	»	»	»
	. 0	50	59	»»			
	. 8	100	12	4			
	. 19	150	86	22*			
»	7. 0	5	85	34	SE	1/4	»
	. 0	20	94	33	forte	cop	
	. 9	100	30	0			
	. 20	130	87	22*			
»	8. 0	5	134	31*	»	»	»
	. 0	50	111	32			
	. 8	100	71	0			
	. 16	150	82	22			
»	9. 0	5	137	33	»	»	»
	. 0	20	139	»»			
	. 15	100	46	34			
	. 27	130	30	34			
»	10. 13	5	139	32	SE	»	»
	. 15	50	113	34	teso		
	. 20	100	58	35			
	. 40	150	12	24			
»	11. 0	5	123	33	»	»	»
	. 0	20	129	»»			
	. 5	100	50	35			

STAZIONE N. 120 — *(CONTINUAZIONE)*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 20	12. 30	5	101	33	SE teso	$\frac{1}{4}$ cop.	Agit.
	. 5	50	80	35			
	. 38	100	37	32			
	. 49	150	66	22			
»	13. 5	5	78	0	SSE teso	ser.	»
	. 5	20	61	34			
	. 15	100	15	23			
	. 15	130	86	21			
»	14. 22	5	56	1	»	»	»
	. 23	50	30	32			
	. 0	100	35	8			
	. 10	150	97	21			
»	15. 4	5	34	1	»	»	»
	. 12	5	37	0			
»	16. 33	5	25	2	»	»	»
	. 10	50	32	28			
	. 5	100	73	34*			
	. 20	150	117	23**			
»	17. 0	35	38	0*	»	»	»
	. 20	20	37	»			
	. 15	100	43	20			
	. 25	130	117	21			
»	18. 5	5	62	1	»	»	»
	. 5	50	47	24			
	. 12	100	15	22			
	17. 55	150	122	7**			
»	19. 0	5	81	0	»	»	»
	. 15	20	90	34			
	. 15	100	30	35			
	. 20	130	80	21			
»	20. 0	5	103	32	»	»	»
	. 8	50	72	» »			
	. 30	100	54	0			
	. 40	150	80	21			
»	21. 5	5	102	34	»	»	»
	. 5	20	101	1			
	20. 55	130	60	21			
»	22. 0	5	88	0	»	»	»
	. 0	50	85	34			
	. 6	100	61	35			
	. 35	150	81	22**			
»	23. 5	5	115	34	»	»	»
	. 10	20	110	33			
	. 0	100	60	34**			
	. 25	130	14	25			
21	0. 0	5	98	35	SE abb. forte	»	»
	. 3	50	50	29			
	. 15	100	37	34*			
	. 45	150	93	21*			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 21	1. 5	5	96	0*	SE abb. forte	ser.	Agit.
	. 5	20	81	32			
	. 19	100	23	21**			
	. 30	130	78	21			
»	2. 0	5	61	35	»	»	»
	. 0	50	83	0			
	. 9	100	38	22**			
	. 20	150	106	22			
»	3. 0	5	41	35	»	»	»
	. 0	20	55	33			
	. 5	100	22	35*			
	. 13	130	77	20**			
»	4. 2	5	34	1	»	»	»
	. 2	50	32	34			
	. 10	100	28	30			
	. 15	150	170	21			
»	5. 1	5	30	0	SE mod.	»	mosso
	. 1	20	40	0			
	. 15	100	22	11			
	. 25	130	100	21*			
	. 42	130	80	**			
»	6. 4	5	44	0	»	»	»
	. 0	50	34	27			
	. 13	100	12	7*			
	. 23	150	133	**			
»	7. 15	5	80	0*	»	»	»
	. 15	20	78	34			
	. 35	100	40	35			
	. 49	150	86	22			
»	8. 20	5	98	2	SE abb. forte	»	agit.
	. 20	50	74	34			
	. 28	100	60	35			
	. 38	130	52	20			
»	9. 0	5	88	0	»	»	»
	. 15	150	44	22			
»	10. 0	5	134	32	»	»	»
	. 10	20	117	—			
	. 20	50	90	29			
	. 55	100	55	32			
»	11. 0	5	129	33	»	»	»
	. 0	20	126	34			
	. 15	130	28	31			
	. 30	150	51	34*			
»	12. 8	5	118	33	»	»	»
	. 0	50	59	» »			
	. 15	100	35	34			
	. 8	150	70	22			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 21	13. 0	5	110	35	SE forte	Sereno	Agitato
	. 0	20	110	34			
	. 9	100	18	33*			
	. 20	130	68	20**			
»	14. 0	5	67	35	»	»	»
	. 5	50	44	31			
	. 15	100	86	22*			
	. 23	150	152	22			
»	15. 0	5	38	0	»	»	»
	. 0	20	34	»			
	. 20	100	59	21			
	. 24	13	95	21			
»	16. 0	5	24	1	»	»	»
	. 6	50	33	6			
	. 10	100	68	21**			
	. 20	150	115	22			
»	17. 5	5	34	0	»	»	»
	. 2	20	30	»			
	. 10	100	58	20**			
	. 15	130	106	**			
»	18. 0	5	40	1	»	»	»
	. 40	150	130	21			
»	19. 0	5	55	0	»	»	»
	. 25	20	61	35			
	18. 55	100	21	33			
	19. 10	130	108	**			
»	20. 0	5	83	35	»	»	»
	. 0	50	82	33			
	. 7	100	37	0			
	. 20	150	127	21**			
»	21. 0	5	111	35	»	»	»
	. 0	20	113	33			
	. 16	100	45	0			
	. 25	130	60	20**			
»	22. 0	5	112	34**	»	»	»
	. 0	50	105	0			
	. 20	100	94	33			
	. 20	150	35	21			
»	23. 0	5	118	34	»	»	»
	. 0	20	113	33			
	. 6	100	52	» »			
	. 16	130	60	» »			
22	0. 0	5	122	32	»	»	»
	. 0	50	72	» »			
	. 7	100	65	34			
	. 15	150	62	21			
»	1. 0	5	106	0	»	»	»
	. 0	20	105	33			
	. 5	100	52	35			
	. 15	130	20	21			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 22	2. 0	5	90	34	SE forte	Sereno	Agit.
	. 0	50	40	33			
	. 10	100	20	24**			
	. 20	150	84	21			
»	3. 0	5	60	0	»	»	»
	. 0	20	56	34			
	. 10	100	45	20			
	. 20	130	66	21*			
»	4. 5	5	25	0	»	»	»
	. 5	50	25	34			
	. 20	100	70	21			
	. 35	150	100	» »			
»	5. 0	5	30	1	»	»	»
	. 0	20	33	0			
	. 6	100	68	22**			
	. 18	130	86	21			
»	6. 6	5	40	2	SE abb. forte	¼ cop.	»
	. 6	50	41	1			
	. 14	100	40	20**			
	. 30	150	115	21**			
»	7. 10	5	46	0	»	»	»
	. 10	20	52	34			
	. 18	100	12	25			
	. 45	130	102	20			
	. 28	150	130	24*			
»	8. 0	5	78	0	SE fortissimo	sereno	»
	. 0	50	60	0			
	. 20	100	28	35			
	. 30	150	92	20			
	9. 25	5	107	35	»	»	»
	. 0	20	102	33			
	. 5	100	53	35			
»	10. 0	5	111	35	»	»	»
	. 0	20	110	34			
»	11. 10	5	107	33	»	»	»
	. 0	20	114	32			
	. 5	50	88	34			
	. 8	100	65	35			
	. 0	130	22	30			
	. 20	150	26	21			
»	12. 0	5	113	34	SE forte	»	»
	. 0	50	66	35			
	. 10	100	55	» »			
	. 25	150	28	20			
»	13. 5	5	100	32	»	»	»
	. 5	20	68	34			
	. 10	100	34	» »			
	. 20	130	18	21			

STAZIONE N. 120 — *(CONTINUAZIONE)*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	14. 0	5	98	35	SE	Sereno	Agit.
22	. 0	50	31	32	forte		
	. 10	100	6	—			
	. 58	130	60	22*			
	. 20	150	86	21			
»	15. 10	5	58	35	»	»	»
	. 10	20	49	32			
	. 16	100	62	2**			
	. 28	150	90	13*			
»	15. 41	5	44	0	»	»	»
	. 41	50	31	32			
»	16. 0	5	40	2	»	»	»
	. 20	20	28	0			
	. 0	50	26	35			
	. 5	100	68	22*			
	. 20	150	100	22			
»	17. 0	5	30	2	»	»	»
	. 0	20	40	35			
	. 35	130	104	20**			
»	17. 30	5	31	2	»	»	»
»	18. 0	5	36	1	»	»	»
	. 6	50	50	33			
	. 6	100	72	7*			
	. 15	150	111	21			
»	19. 0	5	50	0	»	»	»
	. 0	20	43	35			
	. 7	100	21	21			
	. 28	130	118	21			
»	20. 0	5	77	0	»	»	»
	. 0	50	56	0			
	. 8	100	35	35			
	. 17	150	106	12**			
»	21. 5	5	98	35	»	»	»
»	22. 5	5	130	30	»	»	»
	. 10	20	120	33			
	. 20	100	52	35			
	. 5	130	22	34			
	. 30	150	52	25*			
»	23. 0	5	122	32	SE	»	»
	. 5	20	106	32	abb.		
	. 0	50	96	33	forte		
	. 10	100	68	35			
	. 25	130	52	34			
23	0. 0	5	142	30	»	»	»
	. 13	20	130	30			
	. 0	50	92	28			
	. 10	100	61	0			
	. 25	150	20	28			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	1. 8	5	123	30	SE	Sereno	Agit.
23	. 0	20	115	32	forte		
	. 8	100	48	2			
	. 15	130	40	32			
»	2. 0	5	94	34	»	½ cop.	»
	. 0	50	32	35			
	. 6	100	20	23			
	. 13	150	90	21			
»	3. 0	5	64	35	»	»	»
	. 0	20	58	32			
	. 30	100	47	31*			
	. 15	130	52	23			
»	4. 0	5	29	1	»	»	»
	. 0	50	22	0			
	. 5	100	61	1			
	. 15	150	100	8			
»	5. 2	5	22	1	»	»	»
	. 2	20	35	30			
	. 8	100	104	28			
	. 17	130	85	2			
»	6. 0	5	22	2	»	»	»
	. 0	50	35	35			
	. 11	100	90	17			
	. 15	150	107	14			
»	7. 0	5	22	3	»	»	»
	. 0	20	20	9			
	. 7	100	67	29			
	. 13	130	100	1			
»	8. 2	5	25	0	»	»	»
	. 2	50	28	3			
	. 3	100	32	35			
	. 15	150	140	26*			
	. 30	150	154	3			
»	9. 0	5	53	35	»	»	»
	. 0	20	50	32			
	. 33	100	10	2			
	. 44	130	88	7			
	. 57	150	108	14			
»	10. 10	5	85	35	»	»	»
	. 10	20	82	34			
»	11. 0	5	108	35	»	»	»
	. 15	20	87	34			
	. 25	50	80	35			
	. 15	100	32	0			
	. 30	130	80	22**			
»	12. 0	5	91	32	»	»	»
	. 0	50	68	33			
	. 30	100	20	34			
	. 45	150	46	17			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 23	13. 0	5	92	35	SE	Sereno	Agitato
	. 0	20	71	27	abb.		
	. 10	100	34	34	forte		
	. 17	130	22	31			
»	14. 0	5	70	35	»	»	»
	. 0	50	34	» »			
	. 10	100	44	6*			
	. 40	130	36	0			
	. 15	20	37	1			
»	15. 7	5	51	33	»	»	»
	. 7	20	30	32			
	25	100	10	20			
	. 15	150	94	16			
»	16. 15	5	30	35	»	»	»
	. 21	50	8	34			
	. 24	100	64	17			
	. 45	150	160	19**			
»	17. 5	5	20	0	»	»	»
	. 5	20	18	29			
	. 15	50	12	21			
	. 2	100	45	18			
	. 20	130	100	18			
»	18. 0	5	34	0	»	»	»
	. 0	50	24	27			
	. 9	100	76	18			
	. 18	150	107	19			
»	19. 0	5	40	1	»	»	»
	. 0	20	32	34			
	. 10	100	48	19			
	. 20	130	96	18			
»	20. 0	5	60	1	»	»	»
	. 0	50	44	31			
	. 15	150	122	14			
»	20. 55	5	70	0	»	»	»
	. 50	20	65	0			
	. 50	100	50	35			
»	22. 0	5	106	31	»	»	»
»	23. 0	5	128	7*	»	»	»
	. 10	20	131	33			
	. 15	50	104	0			
	. 10	100	110	35			
	. 30	130	42	34			
	. 50	150	50	20			
24	0. 0	5	128	30	»	»	»
	. 0	50	125	32			
	. 10	100	72	34			
	. 17	150	70	35			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 24	1. 0	5	131	30	SE	Sereno	Agitato
	. 0	20	131	31	forte		
	. 7	100	78	35			
	. 18	130	80	34			
»	2. 0	5	115	6	»	»	»
	. 0	50	49	35			
	. 8	100	60	0			
	. 16	150	34	17			
»	3. 0	5	94	34	»	»	»
	. 0	20	86	33			
	. 5	100	18	0			
	. 14	130	74	19			
»	4. 0	5	62	0	»	»	»
	. 0	50	25	33			
	. 5	100	36	18			
	. 15	150	95	19			
»	5. 0	5	14	1	»	»	»
	. 0	20	18	32			
	. 15	100	80	16			
	4. 53	130	70	17			
»	6. 0	5	30	8*	»	»	»
	. 8	50	22	15			
	. 17	100	103	18			
	. 30	150	138	18			
»	7. 4	5	20	11	»	»	»
	. 4	20	29	10			
	. 13	100	96	19			
	. 30	130	116	18			
»	8. 2	5	20	30**	»	»	»
	. 2	50	28	18			
	. 13	100	32	18			
	. 25	150	134	14*			
»	9. 0	5	20	3	»	»	»
	. 0	20	29	2			
	. 10	100	47	22			
	. 20	130	98	16			
»	10. 0	5	52	35	»	»	»
	. 0	50	38	33			
	. 6	100	37	30			
	. 20	150	104	16*			
»	11. 5	5	73	33	»	»	»
	. 25	20	57	30			
	. 5	50	53	34			
	. 10	100	5	0			
	. 15	130	104	16			
»	12. 0	5	88	35**	»	»	»
	. 41	50	79	» »			
	. 47	150	30	17			

STAZIONE N. 120 *(CONTINUAZIONE)*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direx. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 24	13. 0	5	88	35*	SE forte	Sereno	Agitato
	. 0	20	70	34			
	.41	100	29	»»			
»	14. 0	5	67	30	»	»	»
	. 0	50	48	0			
	. 10	100	40	34			
	. 2	130	17	35			
	. 21	150	94	19			
	. 35	150	85	18**			
»	15. 0	5	54	0	»	»	»
	. 0	20	39	29			
	. 7	100	53	35			
	. 17	130	6	3			
»	16. 0	5	25	0	»	»	»
	. 0	50	16	»			
	. 10	100	18	4			
	. 20	150	142	18			
»	17. 0	5	16	31	»	»	»
	. 0	20	15	29			
	. 10	100	24	16			
	. 10	130	96	18			
»	18. 0	5	5	35	»	»	»
	. 0	50	28	20			
	. 10	100	73	16			
	. 20	150	94	21			
»	19. 4	5	28	2	»	»	»
	. 4	20	22	29			
	. 15	100	62	20			
	. 25	130	76	19			
»	20. 0	5	57	0	»	»	»
	. 0	50	22	»			
	. 6	100	44	21			
	. 14	150	120	22			
»	21. 0	5	80	35	»	»	»
	. 0	20	70	»»			
	. 5	100	22	»»			
	. 15	130	114	19			
»	22. 10	5	78	34	»	»	»
	. 10	20	83	33			
	. 4	50	69	32			
	. 0	100	26	1			
	. 7	150	76	18			
»	23. 0	5	122	29	»	»	»
	. 50	5	143	29			
	. 50	20	153	33			
	. 56	50	117	»»			
	. 56	100	93	0**			
	. 40	130	83	34			
25	0. 0	5	160	33	»	»	»
	. 30	5	151	32			
	. 20	150	90	35			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 25	1. 5	5	140	32*	SE forte	Sereno	Agitato
	. 10	10	160	33			
	. 10	20	163	35			
	. 10	100	90	0			
	. 20	130	104	34			
»	2. 5	5	165	31	»	»	»
	. 10	20	128	35			
	. 15	50	89	»»			
	. 20	100	76	34			
	. 6	150	100	»»			
»	3. 0	5	118	30	»	»	»
	. 0	20	124	33			
	. 10	100	46	34			
	. 17	130	60	»»			
»	4. 5	5	96	32	»	»	»
	. 5	50	18	»»			
	. 18	100	20	33			
	. 25	150	22	17			
»	5. 0	5	80	34	»	»	»
	. 0	20	49	32			
	. 15	100	24	18			
	. 50	130	22	17			
»	6. 0	5	34	0	»	»	»
	. 0	50	11	27			
	. 5	100	68	18			
	. 27	130	62	17			
	. 15	150	78	19			
»	7. 0	5	24	1	»	»	»
	. 0	20	28	33			
	. 5	100	84	17			
	. 13	130	88	17			
»	8. 5	5	25	32	»	»	»
	. 15	20	27	27			
	. 30	100	80	17			
	. 40	150	112	20			
»	9. 0	5	25	2	»	»	»
	8. 50	50	25	3			
	9. 15	100	59	20			
	. 0	130	70	18			
»	10. 0	5	43	3	»	»	»
	. 21	50	44	0			
	. 15	100	22	30			
	. 31	150	115	21			
»	11. 3	5	72	0	»	»	»
	. 3	20	61	31			
	. 7	100	59	34			
	. 20	130	112	22			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	12. 0	5	78	35	SE	Sereno	Agitato
25	. 0	20	70	30	abb.		
	.20	50	69	33	forte		
	.10	100	36	35			
	.20	150	88	18			
»	13. 0	5	86	34	»	»	»
»	14. 0	5	72	34	»	»	»
	. 0	20	58	33			
	. 6	50	48	34			
	.22	100	20	32			
	.10	130	28	32			
	.35	150	52	25**			
»	15. 0	5	74	34	»	»	»
	. 0	20	57	33			
	. 8	100	24	32			
»	16. 0	5	54	0	»	»	»
	. 5	50	36	34			
	.20	130	20	»»			
	.32	150	70	19			
»	17. 0	5	50	33	»	»	»
	. 6	20	40	29			
	.15	100	14	19			
	.10	130	38	17			
»	18. 0	5	50	34	»	»	»
	. 0	50	19	0			
	. 6	100	22	16			
	.11	150	72	17			
»	19. 0	5	56	0	»	»	»
	. 0	20	37	35			
	. 6	100	46	19			
	.15	130	70	18			
»	20. 0	5	64	0**	»	»	»
	. 0	50	23	34			
	.25	100	50	18			
	.30	150	100	18**			
	.35	5	65	0**			
»	21. 0	5	73	1	»	»	»
	.55	20	56	33			
	.45	100	17	28**			
	. 5	130	48	18			
	.15	150	116	16			
»	22. 0	5	96	1	»	»	»
	.50	50	72	34			
»	23. 0	5	108	6*	»	»	»
	. 0	20	118	33			
	. 5	100	64	35			
	.13	130	12	0			
	.25	150	24	35			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	0. 0	5	138	6	SE	Sereno	Agitato
26	. 0	50	113	34	forte		
	.12	100	86	»»			
	.25	150	65	»»			
»	1. 0	5	168	6	»	»	»
	. 0	20	164	34			
	.10	100	85	»»			
	.25	130	92	»»			
»	1. 26	5	161	35	»	»	»
»	2. 0	5	154	29**	»	»	»
	. 0	50	116	34			
	.10	100	75	35			
	.15	130	70	35			
»	3. 0	5	138	6	»	»	»
	. 0	20	135	34			
	.15	100	66	34*			
	.30	150	69	0			
»	4. 0	5	126	5*	»	»	»
	. 0	50	74	35			
	.10	100	44	»»			
	.20	150	16	»»			
»	5. 0	5	98	35	»	»	»
	. 0	20	93	34			
	. 9	100	20	35			
	.15	130	26	33			
»	6. 5	5	61	34	»	»	»
	. 3	50	36	35			
	.10	100	20	19			
	.15	150	76	18			
»	7. 3	5	60	0	»	»	»
	. 9	20	30	34			
	. 5	100	55	18			
	.13	130	52	17			
»	8. 0	5	25	1	»	»	»
	. 5	50	17	7			
	.10	100	72	17			
	.20	150	85	16			
»	9. 0	5	27	2	»	»	»
	. 0	20	29	35			
	. 5	100	90	15*			
	.13	130	74	17			
»	10. 0	5	34	1	»	»	»
	. 0	50	23	12			
»	11. 3	5	50	0	»	»	»
	. 3	20	55	0			
	.15	100	21	18			
	. 2	150	114	16			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 26	12. 0	5	78	33	SE forte	$\frac{1}{4}$ cop.	Agitato
	. 0	50	56	44			
	. 12	100	10	—			
	. 25	150	98	16			
»	13. 6	5	98	0	»	»	»
	. 0	20	82	34			
	. 20	100	11	17			
	. 10	130	112	22			
»	14. 0	5	88	0	»	»	»
	. 10	20	60	33			
»	15. 0	5	82	32	»	»	»
	. 0	50	47	»»			
	. 10	100	8	1			
	. 20	150	90	35			
»	16. 0	5	57	34	»	$\frac{3}{4}$ cop.	»
	. 0	50	41	31			
	. 24	100	23	32**			
	. 7	130	85	18			
	. 16	150	72	17			
»	17. 0	5	42	35	»	»	»
	. 0	20	38	20			
	. 8	100	28	23*			
	. 32	130	68	26**			
»	18. 0	5	60	32	»	»	»
	. 0	50	12	33			
	. 12	100	6	—			
	. 30	150	78	23**			
»	19. 0	5	42	33	»	»	»
	. 0	20	32	31			
	. 10	100	36	21			
	. 17	130	96	27**			
»	20. 0	5	60	32	»	»	»
	. 0	50	12	33			
	. 7	100	41	15*			
	. 17	150	110	20			
»	21. 0	5	67	32	»	»	»
»	22. 4	5	79	1	»	cop.	»
	21. 50	20	58	33			
	22. 7	150	58	4			
	. 10	100	31	20*			
	21. 55	130	106	22			
	22. 15	150	111	27**			
»	23. 0	5	95	31	»	»	»
	. 0	20	87	0			
	. 5	100	13	5			
	. 17	130	24	35			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 27	0. 6	5	114	6	SE abb. forte	$\frac{1}{2}$ cop.	Agitato
	. 6	50	85	34			
	. 14	100	40	35			
	. 20	150	72	26			
»	1. 0	5	124	29	»	»	»
	. 0	20	132	33			
	. 5	100	46	0			
	. 16	130	41	25			
»	2. 0	5	126	6	»	»	»
	. 0	50	128	34			
	. 5	100	68	»»			
	. 18	150	36	2			
»	3. 0	5	127	6	»	»	»
	. 0	20	156	35			
	. 7	100	51	»»			
	. 17	130	30	34			
»	4. 0	5	122	30	»	»	»
	. 0	50	103	34			
	. 20	100	49	»»			
	. 25	150	58	17**			
»	5. 10	5	104	6	»	»	»
	. 10	20	113	33			
	. 24	100	16	32			
	. 54	130	13	17			
»	6. 8	5	80	33	»	»	»
	. 33	50	47	1			
	. 50	100	11	29			
	. 20	150	31	18			
»	7. 0	5	50	35	»	»	»
	. 0	20	54	34			
	. 10	100	36	15			
	. 20	130	44	1			
»	8. 0	5	24	0	SE mod.	cop.	mosso
	. 5	20	21	29			
	. 10	50	14	2			
	. 0	100	53	35			
	. 22	130	98	18			
	. 10	150	102	13			
»	9. 0	5	19	3	»	»	»
	. 20	5	26	15			
»	10. 0	5	26	27	SE abb. forte	$\frac{1}{2}$ cop.	»
	. 2	20	28	3			
	. 0	100	84	22*			
	. 15	130	112	22			
	. 30	150	142	1**			
»	11. 0	5	14	33	»	»	»
	. 0	20	13	6			
	. 5	100	66	15			
	. 13	130	125	28			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	12. 0	5	35	0	SE	½ cop.	Agitato
27	. 0	50	17	5	abb.		
	. 6	100	46	16	forte		
	. 17	150	130	22			
»	13. 0	5	43	0	»	»	»
	. 0	20	28	33			
	. 6	100	36	34			
	. 14	130	100	17			
»	14. 0	5	54	34	»	»	»
	. 0	50	42	27			
	. 4	100	28	16			
	. 10	150	86	20			
»	15. 0	5	67	35*	»	»	»
	. 0	20	51	29			
	. 5	100	28	23			
	. 25	130	96	19			
	. 17	150	77	17**			
»	16. 0	5	72	34	»	»	»
	. 0	50	33	33			
	. 10	100	10	21			
	. 20	150	68	25*			
»	17. 0	5	60	33	»	»	»
	. 7	20	30	31			
	. 7	100	8	24			
	. 15	130	90	16			
»	17. 50	5	32	1	»	»	»
	18. 0	20	30	31			
	17. 55	50	28	30			
	. 50	100	14	23			
	18. 0	130	90	20			
	. 10	150	105	10			
»	19. 0	5	18	8	»	»	»
»	19. 51	5	26	17	»	»	»
	. 51	20	21	1			
	. 56	50	21	34			
	20. 2	100	40	13			
	. 9	130	81	19			
	. 20	150	100	21			
»	21. 0	5	10	31	»	»	»
	. 0	20	12	34			
	. 4	100	44	6			
	. 14	130	76	15			
»	22. 0	5	18	35	»	»	»
	. 0	50	12	—			
	. 7	106	50	19*			
	. 15	150	121	20			
»	23. 0	5	42	34	»	»	»
	. 0	20	31	0			
	. 6	100	10	31			
	. 15	130	106	18			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	0. 0	5	72	**	SE	Sereno	Mosso
28	. 10	5	85	35	abb.		
	. 0	50	26	32	forte		
	. 10	100	18	32			
	. 17	150	95	20**			
»	1. 0	5	100	31	»	»	»
	. 5	20	84	32			
	. 10	100	46	35			
	. 20	130	72	19			
»	2. 0	5	108	29	»	»	»
	. 0	50	72	23			
	. 15	100	51	35			
	. 10	150	56	18			
»	3. 0	5	115	29	»	»	»
	. 10	20	115	35			
	. 0	100	67	»»			
	. 10	130	23	34			
»	4. 7	5	118	6	»	»	»
	. 7	50	83	35			
	. 15	100	45	»»			
	. 25	150	46	3			
»	5. 5	5	112	30	»	»	»
	. 5	20	115	0			
	. 10	100	34	34			
	. 20	130	43	»»			
»	6. 0	5	74	6**	»	»	»
	. 0	50	47	34			
	. 5	100	38	35			
	. 12	150	35	21			
»	7. 0	5	79	35	»	»	»
	. 0	20	70	34			
	. 10	100	28	33*			
	. 12	130	38	19			
»	8. 0	5	50	33	»	»	»
	. 0	50	21	1			
	7. 55	100	19	26			
	8. 31	130	70	18			
	. 8	150	10	—			
»	9. 0	5	62	32	»	»	»
	8. 42	20	31	1			
	9. 5	50	16	1			
	. 10	100	46	16			
	8. 50	130	74	16			
	9. 15	150	100	22			
»	10. 0	5	25	3	»	»	»
»	10. 55	5	21	18*	»	»	»
	. 55	20	16	34			
	11. 35	50	10	21			
	. 10	100	77	17			
	. 18	130	115	14			
	. 30	150	132	19			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 28	12. 35	5	25	30	SE mod.	Sereno	Mosso
	.40	50	17	27			
	.40	100	80	26*			
	.55	150	100	23			
»	13. 0	5	33	1	»	»	»
	12. 55	20	20	0			
	13. 24	130	108	18			
»	14. 0	5	45	34	»	»	»
	. 0	50	52	6			
	. 7	100	24	19			
	. 15	150	130	»»			
»	15. 0	5	61	33	»	»	»
	. 10	20	51	35			
	. 15	100	16	28			
	. 40	130	102	16			
»	16. 0	5	73	34**	»	»	»
	. 0	50	38	32			
	. 10	100	17	0			
	. 17	150	92	20			
»	17. 10	5	75	34	»	»	»
	. 0	20	64	35			
	. 16	100	19	30			
	. 12	130	90	19			
»	18. 0	5	72	34	»	»	»
	. 0	50	36	32			
	. 6	100	16	27			
	. 13	150	86	17			
»	19. 0	5	60	35	»	»	»
	. 0	20	49	33			
	. 18	50	26	34			
	. 3	100	7	12			
	. 11	130	83	18			
	. 24	150	86	19			
»	20. 0	5	45	35	»	»	»
»	21. 0	5	34	34	»	»	»
	. 7	20	30	32			
	. 15	50	12	32			
	. 0	100	24	18			
	. 7	130	83	21**			
	. 20	150	83	21			
»	22. 0	5	46	34	»	»	»
	. 20	50	10	29			
	. 0	100	8	29			
	. 15	150	79	20			
»	23. 0	5	53	34	»	»	»
	. 7	20	35	35			
	. 0	100	28	18			
	. 7	130	62	18			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 29	0. 0	5	62	34	SE mod.	Sereno	Legg. mosso
	. 12	50	17	35			
	. 0	100	13	21			
	. 17	150	44	18			
»	1. 0	5	78	1	»	»	»
	. 0	20	60	0			
	. 8	100	17	34			
	. 8	130	30	25			
»	2. 0	5	85	33	»	»	»
	. 9	50	72	35			
	. 0	100	29	»»			
	. 35	150	61	17			
»	3. 0	5	97	5**	»	»	»
	. 25	20	106	34			
	. 40	100	60	35			
	. 25	130	23	15			
»	4. 0	5	108	30	»	»	»
	. 0	50	90	0			
	. 9	100	64	35			
	. 20	150	67	15			
»	5. 0	5	117	0	»	»	»
	. 40	20	108	31			
	. 51	100	59	35			
	6. 2	130	67	35			
»	6. 0	5	113	0	»	»	»
	. 8	50	40	34			
	. 14	100	50	»»			
	. 21	150	18	26			
»	7. 3	5	94	30	»	»	»
	. 0	20	57	35			
	. 9	100	56	35**			
	. 21	130	10	—			
»	8. 0	5	68	32	»	»	»
	. 15	50	30	33**			
	. 32	100	10	33			
	. 20	150	50	17			
	. 52	20	46	34			
	. 42	130	22	21			
»	9. 0	5	41	33	»	»	»
»	10. 0	5	50	33	»	»	»
	. 15	20	9	33			
	. 25	50	12	30			
	. 37	100	58	12			
	. 30	130	54	21			
	. 20	150	93	22			
»	11. 0	5	11	0	»	»	»
	. 5	20	8	»»			
	. 50	100	92	17**			
	. 30	130	56	14			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 29	12. 0	5	20	10**	SE mod.	Sereno	Mosso
	. 16	50	18	22			
	. 0	100	74	25			
	. 7	150	112	21			
»	13. 0	5	11	21	»	»	»
	. 10	20	5	22			
	. 10	100	64	17			
	. 0	130	87	22			
»	14. 0	5	26	1	»	»	»
	. 0	50	20	17			
	. 20	100	45	16			
	. 7	150	118	—			
»	15. 0	5	35	31	»	»	»
	. 17	20	32	»»			
	. 17	00	17	33			
	. 10	130	106	»»			
»	16. 0	5	50	3	»	»	»
	. 20	50	42	»			
	. 12	100	16	1			
	. 16	150	124	»			
»	17. 0	5	62	3	»	»	»
	. 3	20	54	»			
	. 11	100	16	13			
	. 19	130	66	18			
»	18. 0	5	70	3	»	»	»
	. 20	50	50	32			
	. 0	100	42	27			
	. 12	150	55	18			
»	19. 7	5	65	0	»	»	»
	. 15	20	57	»			
	. 7	100	23	30			
	. 15	130	40	21			
»	19. 50	5	70	0	»	»	»
	. 56	20	57	»			
	. 50	50	35	»			
	20. 0	100	23	35			
	. 0	130	24	31			
	. 8	150	36	18			
»	21. 0	5	56	0	»	»	»
»	22. 10	5	44	34	»	»	»
	. 28	20	32	»»			
	. 10	100	14	»»			
	. 28	130	38	19			
	. 15	150	60	»»			
»	23. 0	5	38	35	»	»	»
	. 5	20	32	»»			
	. 23	50	7	11			
	. 7	100	33	29			
	. 20	130	14	21			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 30	0. 0	5	28	35	SE abb. forte	Sereno	Agitato
	. 0	50	22	34			
	. 8	100	27	29			
	. 15	150	105	»»			
»	1. 0	5	36	0	»	»	»
	. 5	20	40	»			
	. 10	100	40				
	. 21	130	52	17			
»	2. 0	5	65	35	»	»	»
	. 13	50	36	33			
	. 0	100	23	34			
	. 8	150	51	»»			
»	3. 0	5	86	34	»	»	»
	. 4	20	83	»»			
	. 0	100	29	35			
	. 8	130	39	19			
»	4. 0	5	104	0	»	»	»
	. 7	50	61	33			
	. 25	100	42	0			
	. 12	150	44	.			
»	5. 0	5	104	35	»	»	»
	. 5	20	101	»»			
	. 0	100	89	0			
	. 10	130	80	33			
»	6. 0	5	108	35	»	»	»
	. 0	50	104	34			
	. 5	100	102	»»			
	. 45	150	24	0			
»	7. 15	5	120	35	SE mod.	½ cop.	mosso
	. 24	20	104	»»			
»	8. 0	0	98	35	»	»	»
	. 0	50	47	0			
	. 25	100	46	0			
	. 35	130	17	2			
	. 15	150	40	.			
»	9. 0	5	80	31	»	»	»
»	10. 0	5	57	34	»	»	»
	. 7	20	54	»»			
	. 0	100	68	1			
	. 15	130	10	17			
	. 20	150	72	.			
»	11. 25	5	30	34	»	»	»
	. 30	20	20	.			
	. 35	100	42	.			
	. 45	130	64	.			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 30	12. 0	5	26	1	SE mod.	Sereno	Mosso
	. 20	50	19	15			
	. 25	100	60	21			
	. 0	150	95				
»	13. 0	5	24	3	»	»	»
	. 9	20	22	14			
	. 0	100	55	21			
	. 5	130	83				
»	14. 0	5	23	3	»	»	»
	. 11	50	13	14			
	. 0	100	61	17			
	. 8	150	118				
»	15. 0	5	31	2	»	»	»
	. 10	20	27	34			
	. 2	100	53	18			
	. 6	130	100				
»	16. 0	5	56	34	»	»	»
	. 20	50	17	33			
	. 0	100	16	34?			
	. 10	150	126				
»	17. 0	5	71	34	»	»	»
	. 5	20	60	» »			
	. 10	100	24	33			
	. 0	130	76	17			
»	18. 0	5	86	0	»	»	»
	. 15	50	45	»			
	. 20	100	40	2			
	. 0	150	84				
»	19. 0	5	88	0	»	»	»
	. 7	20	84	»			
	. 20	100	20	33			
	. 30	130	32	23			
»	20. 0	5	74	2	»	»	»
	. 3	20	60	2			
	. 7	50	40	1			
	. 20	100	33	34			
	. 0	130	25	29			
	. 13	150	23				
»	21. 0	5	76	2	»	»	.
»	22. 0	5	74	2	»	»	»
	. 20	20	46	34			
	. 14	50	25	31			
	. 5	100	27	0			
	. 26	130	30	34			
	. 9	150	27				
»	23. 15	5	45	35	»	»	»
	. 20	20	28	» »			
	. 5	100	11	33			
	. 0	130	29	35			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 31	0. 0	5	32	2	SE forte	Sereno	Agitato
	. 20	50	26	1			
	. 3	100	12	16			
	. 10	150	70				
»	1. 0	5	46	0	»	»	»
	. 6	20	35	»			
	. 0	100	21	16			
	. 8	130	52	19			
»	2. 0	5	52	33	»	»	»
	. 0	50	23	29			
	. 12	100	25	16			
	. 5	150	88	.			
»	3. 0	5	60	34	»	»	»
	. 7	20	60	» »			
	. 0	100	21	19			
	. 14	130	34	18			
»	4. 0	5	74	34	»	»	»
	. 0	50	21	» »			
	. 10	100	23	18			
	. 20	150	16	» »			
»	5. 0	5	96	35	»	»	»
	. 10	20	102	» »			
	. 0	100	14	33			
	. 7	130	34	17			
»	6. 0	5	105	0	SE mod.	»	mosso
	. 0	50	62	»			
	. 5	100	37	35			
	. 20	150	40	.			
»	7. 0	5	100	35	»	»	»
	. 6	20	98	» »			
	. 28	100	62	33			
	. 54	130	24	25			
	. 37	150	6	25			
»	8. 0	5	100	35	SE deb.	½ cop.	deb. mosso
	. 23	50	41	» »			
	. 31	100	50	32			
	. 0	150	28	.			
»	9. 0	5	92	2	»	»	»
	. 3	20	85	28			
	. 7	50	48	0			
	. 10	100	40	33			
	. 20	130	22	34			
	. 33	150	18	18			
»	10. 0	5	68	3	»	»	calmo
»	11. 0	5	50	3	»	»	»
	. 0	20	44	30			
	. 10	50	18	32			
	. 5	100	7	21			
	. 11	130	16	19			
	. 20	150	73	.			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo	12. 0	5	21	2	SE	Sereno	Quasi
31	. 0	50	7	23	deb.		calmo
	. 15	100	37	15			
	. 7	150	72	.			
»	13. 15	5	8	9	»	»	»
	. 0	20	19	18			
	. 15	100	70	»»			
»	13. 35	5	8	15	»	»	»
»	14. 0	5	10	25	calmo	»	liscio
	. 3	50	18	18			
	. 40	100	72	19			
»	15. 4	5	12	15	»	»	»
	. 10	50	20	18			
	. 20	100	64	17			
	. 30	130	66	19			
»	16. 0	5	24	8	»	»	»
	. 0	20	10				
	. 13	50	10	6			
	. 17	100	40	18			
	. 5	150	107	20			
»	17. 0	5	20	34	»	»	»
	. 0	20	22	35			
	. 10	100	31	19			
	. 15	130	76	11			
»	18. 0	5	48	2	»	»	calmo
	. 0	20	50	»			
	. 17	50	30	»			
	. 17	100	28	.			
	. 8	130	57	17			
	. 26	150	108	.			
»	19. 0	5	58	2	»	»	»
	20. 0	5	80	4	»	»	»
	. 32	20	46	5			
	. 9	50	30	»			
	. 14	100	47	»			
	. 0	130	31	18			
	. 23	150	46	.			
»	21. 0	5	70	34	»	»	»
	. 5	20	54	33			
	. 12	100	18	»»			
	. 0	130	50	6?			
»	22. 0	5	84	34	»	»	»
	. 0	50	40	32			
	. 14	100	17	33			
	. 7	150	8				
»	23. 0	5	35	0	»	»	»
	. 5	20	32	»			
	. 0	100	12	»			
	. 10	130	30	3			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Aprile	0. 7	5	18	34	SE	Sereno	legg.
1	. 0	50	22	»»	deb.		mosso
	. 7	100	4	19			
	. 15	150	55				
»	1. 0	5	22	33	»	»	»
	. 8	20	0	»»			
	. 0	100	20	19			
	. 15	130	23	18			
»	2. 0	5	21	.	»	»	»
	. 0	50	0	.			
	. 10	100	27	18			
	. 20	150	112	»»			
»	3. 0	5	25	.	»	»	»
	. 10	20	10	.			
	. 0	100	36	19			
	. 20	130	54	17			
»	4. 0	5	28	35	»	»	»
	. 0	50	9	33			
	. 9	100	10	17			
	. 16	150	86	»»			
»	5. 0	5	33	2	»	»	»
	. 6	20	26	»			
	. 9	100	17	35			
	. 0	130	33	20			
»	6. 0	5	38	2	»	»	»
	. 13	50	37	»			
	. 19	100	35	6			
	. 7	150	50	.			
»	7. 0	5	74	3	»	»	»
	. 5	20	59	»			
	. 5	100	44	32			
	. 15	130	22	19			
»	8. 0	5	86	34	»	»	»
	. 0	50	58	32			
	. 10	100	60	35			
	. 20	150	27	.			
»	9. 0	5	98	34	»	»	»
	. 5	20	78	»»			
	. 5	100	72	35			
	. 10	130	60	6			
»	10. 0	5	77	34	»	$\frac{3}{4}$ cop.	»
	. 0	50	40	2			
	. 12	100	41	»			
	. 5	150	18	.			
»	11. 3	5	61	34	»	»	»
	. 0	20	46	31			
	. 5	100	26	33			
	. 10	130	10	.			

STAZIONE N. 120 *(CONTINUAZIONE)*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Aprile 1	12. 0	5	36	33	SE deb.	quasi cop.	legg. mosso
	. 4	20	18	»			
	. 0	50	9	34			
	. 7	100	0	2			
	. 10	130	30	7			
	. 13	150	72	.			
»	13. 0	5	24	34	»	»	»
»	14. 0	5	12	20	»	»	»
	. 15	20	25	»			
	. 34	50	48	7?			
	. 37	100	73	6?			
	. 10	130	87	12			
	. 22	150	73	.			
»	15. 0	5	18	28	»	»	»
	. 5	20	15	30?			
	. 10	100	71	19			
	. 0	130	72	»			
»	16. 0	5	10	3	»	»	»
	. 5	50	17	16			
	. 0	100	53	19			
	. 15	150	110	»			
»	17. 0	5	20	0	»	»	»
	. 0	20	15	»			
	. 10	100	50	18			
	. 8	130	74	20			
»	17. 20	5	32	34	»	»	»
»	18. 0	5	48	34	»	»	»
	. 17	50	12	0			
	. 0	100	22	31			
	. 10	150	105	.			
»	19. 0	5	56	34	»	»	»
	. 12	20	48	»			
	. 0	100	31	35			
	. 17	130	47	19			
»	20. 0	5	78	0	»	»	»
	. 0	50	43	»			
	. 16	100	23	1			
	. 7	150	47	.			
»	21. 0	5	80	0	»	»	»
	. 8	20	60	»			
	. 12	100	48	»			
	. 0	130	55	1			
	. 15	150	32	.			
»	22. 0	5	87	35	»	»	»
»	23. 0	5	77	35	»	»	»
	. 5	20	55	»			
	. 0	50	33	34			
	. 5	100	40	1			
	22. 50	130	61	35			
	23. 10	150	9	.			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Aprile 2	0. 0	5	65	35	SE deb.	Sereno	Calmo
	. 0	50	13	33			
	. 20	100	13	2			
	. 10	150	70	.			
»	1. 0	5	44	34	»	»	»
	. 5	20	7	»			
	. 5	100	8	21			
	. 10	130	6	6?			
»	2. 0	5	24	0	»	»	»
	. 0	50	8	28			
	. 5	100	23	22			
	. 12	150	77				
»	3. 0	5	24	.	»	»	»
	. 3	20	22	.			
	. 7	100	38	29			
	. 12	130	44	15			
»	4. 5	5	24	3	»	»	»
	. 5	50	5	8			
	. 0	100	50	18			
	. 10	150	72				
»	5. 3	5	30	34	»	»	»
	. 20	20	34	»			
	. 3	100	25	26			
	. 10	130	71	9			
»	6. 10	5	42	3	»	»	legg. mosso
	. 10	50	18	6			
	. 14	100	15	32			
	. 5	150	63				
»	7. 10	5	73	35	»	»	»
	. 20	20	54	»			
	. 30	100	30	33			
	. 40	130	18	34			
»	8. 0	5	85	34	»	»	»
	. 0	50	57	33			
	. 5	100	40	32			
	. 15	150	26				
»	9. 0	5	87	35	»	»	»
	. 6	20	81	»			
	. 12	100	52	34			
	. 0	130	57	35			
»	10. 0	5	88	0	»	»	»
	. 15	50	43	33			
	. 0	100	40	34			
	. 20	140	40	0			
	. 10	150	18	»			
»	11. 0	5	86	34	»	»	»
	. 4	20	72	»			
	. 0	100	30	1			
	. 8	130	32	35			

STAZIONE N. 120 (*CONTINUAZIONE*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Aprile 2	12. 0	5	36	35	SE deb.	Sereno	Calmo
	. 5	50	25	22?			
	.10	100	14	7			
	.19	150	42				
»	13. 0	5	30	34	»	»	»
	. 2	20	25	» »			
	.10	100	0				
	.15	130	7	15			
»	14. 0	5	21	2	»	»	»
	. 0	50	23	11			
	.11	100	24	13			
	. 4	150	76				
»	15. 0	5	14	2	»	»	»
	. 5	20	26	21			
	.10	100	51	20			
	. 0	130	52	18			
»	16. 0	5	21	3	»	»	mosso
	. 5	20	17	6			
	. 0	50	20	32?			
	. 5	100	53	19			
	.10	130	54	23			
	.20	150	81				
»	17. 0	5	27	3	»	»	»
»	18. 0	5	40	0	»	»	»
	.20	20	28	»			
	.25	50	14	31			
	. 0	100	25	17			
	.20	130	42	16			
	.10	150	106				
»	19. 0	5	50	34	»	»	»
	. 5	20	44	» »			
	.12	100	17	33			
	. 0	130	35	18			
»	20. 0	5	60	34	»	»	»
	. 0	50	33	33			
	. 7	100	34	0			
	.14	150	18	»			
»	21. 0	5	83	35	»	»	»
	. 4	20	68	» »			
	.10	100	45	0			
	. 5	130	72	34			
»	22. 0	5	100	34	«	»	»
	. 0	50	53	1			
	.15	100	59	33			
	. 7	150	21	» »			
»	23. 0	5	97	34	»	»	»
	. 5	20	48	» »			
	.10	100	47	35			
	. 0	140	41	34			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Aprile 3	0. 0	5	75	35	SE deb.	Sereno	legg. mosso
	. 0	50	33	33			
	. 5	100	33	32			
	.10	150	10				
»	1. 0	5	58	35	»	»	»
	.10	20	42	» »			
	. 0	100	12	32			
	.10	130	7	5			
»	2. 0	5	38	34	»	»	»
	. 0	20	38	» »			
	.15	50	5	31			
	. 5	100	9	31			
	.25	130	21	18			
	.12	150	78				
»	3. 0	5	15	32	»	»	»
»	4. 5	5	14	2	»	»	»
	. 5	20	0	—			
	.10	50	9	19			
	.17	100	50	» »			
	.24	130	46	14			
	.35	150	62	.			
»	5. 0	5	20	0	»	»	»
	. 5	20	18	»			
	.10	100	36	14			
	. 0	130	50	17			
»	6. 0	5	31	0	»	»	»
	. 7	50	14	2			
	. 0	100	29	19			
	.15	150	48				
»	7. 5	5	40	35	»	»	»
	. 5	20	45	» »			
	.15	130	35	14			
»	7 45	5	63	33	»	»	»
	.35	20	45	2			
	.30	50	32	4			
	.40	100	32	3			
	.55	130	0	—			
	.45	150	28	.			
»	9. 7	5	87	35	»	»	»

ANALISI ARMONICA DELLE CURVE DI CORRENTE

§. 31 — La figurazione delle velocità di corrente, misurate nella stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb, riesce molto evidente e semplice, se le velocità sono considerate come quantità scalari, come se si trattasse di un canale percorso da flussi alterni, scorrenti costantemente nella stessa direzione, nell'uno o nell'altro verso.

Effettivamente le correnti non hanno direzione stabile, ma presentano fluttuazioni continue, più o meno ampie, attorno a una direzione media, precisamente come avviene nel caso dei flussi aerei. Ma queste fluttuazioni hanno il carattere di perturbazioni momentanee e non tolgono alle correnti il carattere di flussi diretti verso l'uno o l'altro dei due bacini marini, congiunti dallo stretto.

Fu già dimostrato, a proposito delle correnti di Messina, ove le fluttuazioni sono molto più ampie e frequenti che non a Bab-el-Mandeb, che l'analisi armonica delle velocità, considerate vettorialmente, non conduce a risultati sufficientemente approssimati, mentre molto opportuna significativa e precisa riesce l'analisi delle velocità stesse considerate scalarmente.

Questo risultato dispensa da analoghe ricerche sul valore delle figurazioni vettoriali delle correnti nella staz. 120, ove l'adozione della figurazione scalare è anche molto più prossima alla condizione effettiva degli scorrimenti, che non nel caso di Messina.

La direzione prevalente dei flussi, nel sito della staz. 120, è orientata quasi esattamente da sud a nord, come l'asse della valle marina in quel punto. Preciseremo il verso di scorrimento, designando come positive le velocità rivolte a nord (corrente entrante nel mar Rosso) e come negative quelle dirette a sud (corrente dal mar Rosso verso l'Indiano).

Con questa distinzione si viene a fare astrazione dalle deviazioni momentanee delle correnti, rispetto alla direzione media, e tutti i valori osservati vengono divisi in due gruppi: positivi (corrente entrante), negativi (uscente).

Come fu osservato, i dati sono stati rilevati direttamente alle quote effettive di m. 5, 20, 50, 100, 130 e 150. Non occorrono quindi riduzioni di quota.

Per eseguire l'analisi armonica di queste sei serie di numeri è necessario però avere valori distanziati di intervalli esatti di un'ora. Questa condizione è verificata per quasi tutte le velocità osservate alla quota di 5 m. e per molte di quelle rilevate a quote di m. 20 e 50. Per le altre non fu possibile ottenere praticamente simile risultato. I valori orari che si considerano nell'analisi, devono essere perciò dedotti per interpolazione fra quelli osservati. Abbiamo ritenuto sufficiente ricavare i valori stessi dai diagrammi costruiti in base alle osservazioni, leggendo le ordinate corrispondenti all'inizio di ogni ora. In modo analogo vennero controllate le serie di valori orari per le quote 20, 50, 130 e 150, per le quali si fecero solo misure ogni due ore.

Le tabelle dei dati per le sei quote considerate sono riferite nei quadri seguenti, in cui le ore sono quelle astronomiche (o ore astr. equivalgono a 12 ore civili). Queste tabelle costituiscono i fogli S dell'analisi armonica.

VELOCITA' (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 5

Stazione 120 — Bab-el-Mandeb — Stretto principale

La corrente è normalmente entrante nel mar Rosso; se è uscente viene indicata con velocità negative

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	100	72	45	42	43	52	79	100	108	96	87	112	97	82	63	69	54	74	88	85	134	137	140	123
1	110	80	65	37	25	38	60	81	103	102	88	115	98	96	61	41	34	30	44	75	95	88	134	129
2	120	110	67	38	24	34	40	55	83	111	112	118	122	106	90	60	25	30	40	45	78	100	111	108
3	113	100	98	65	40	30	36	50	77	98	130	122	142	128	94	64	29	22	22	22	25	53	80	108
4	91	92	70	55	35	20	34	40	60	70	106	128	128	131	115	94	62	44	30	20	20	20	52	73
5	88	88	67	54	25	16	5	28	57	80	95	122	160	140	165	118	96	80	34	24	25	25	43	72
6	78	86	72	74	54	50	50	56	64	73	96	108	138	168	154	138	126	98	61	60	25	27	34	50
7	78	98	80	82	57	42	60	42	60	67	79	95	110	124	126	127	122	108	85	50	24	19	26	14
8	35	43	54	67	72	60	30	18	10	10	18	42	72	100	108	115	118	112	74	79	50	62	25	21
9	26	33	45	61	73	75	72	60	45	34	46	53	62	78	85	97	108	117	113	94	68	41	50	11
10	20	11	26	35	50	62	70	65	70	56	48	38	28	36	65	86	104	104	108	118	98	80	57	40
11	26	24	23	31	56	71	86	88	74	76	74	50	32	46	52	60	74	96	105	100	100	92	68	50
12	21	— 12	— 10	— 12	24	20	48	58	80	70	81	35	20	22	21	25	28	33	38	74	86	98	77	61
13	36	24	— 12	— 18	10	20	48	56	78	80	87	77	65	44	24	24	24	30	40	70	85	87	88	86
14	36	30	21	14	21	27	40	50	60	83	100	97	75	58	38	15	14	20	31	40	70	85	85	78

VELOCITA' (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 20

Stazione 120 — Bab-el-Mandeb — Stretto principale

La corrente è normalmente entrante nel mar Rosso; i valori negativi indicano corrente uscente

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	75	56	40	— 35	45	55	68	80	95	103	103	95	90	80	65	55	55	70	85	95	120	139	140	130
1	100	63	45	35	35	35	50	85	100	100	110	110	105	84	70	55	45	40	55	75	94	105	115	126
2	125	110	65	34	32	30	40	55	80	113	115	113	110	105	87	57	40	33	38	50	80	102	110	114
3	100	68	60	50	35	30	40	43	70	100	120	105	130	115	90	58	40	35	20	20	30	50	80	87
4	85	71	45	35	20	18	20	32	50	70	100	128	140	131	110	86	50	18	20	29	29	29	40	55
5	65	70	55	39	20	15	15	22	40	70	80	120	155	163	135	124	95	49	35	28	27	35	50	61
6	70	65	58	57	50	40	38	37	40	56	85	118	145	164	166	155	125	93	65	35	25	29	40	55
7	75	82	65	50	40	38	40	32	45	50	60	87	115	132	150	156	145	115	85	54	25	25	25	13
8	20	28	45	51	45	30	30	25	21	12	16	31	60	84	100	115	120	115	100	75	50	25	20	16
9	15	20	35	50	60	64	60	49	40	32	30	35	45	60	82	100	115	115	100	70	50	40	15	8
10	— 5	— 5	— 5	32	45	50	55	57	57	50	35	30	30	40	60	80	95	101	105	104	95	75	54	35
11	5	— 22	— 15	20	45	60	75	84	68	62	50	35	30	35	50	60	78	100	105	100	94	85	65	44
12	0	— 19	— 20	— 15	0	22	50	55	50	54	50	35	20	5	5	10	15	25	45	59	70	75	70	46
13	20	— 10	— 20	— 20	0	15	30	48	60	60	60	55	40	15	0	22	22	25	40	50	65	80	80	75
14	50	25	— 5	— 26	— 20	— 5	15	40	55	65	65	50	44	44	38	25	5	18	30	45	55	76	80	85

VELOCITA' (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 50

Stazione 120 — Bab-el-Mandeb — Stretto principale

La corrente è normalmente entrante nel mar Rosso; i valori negativi indicano corrente uscente

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	5	35	20	15	20	35	65	73	80	75	70	65	52	45	45	40	40	48	60	90	111	120	113	105
1	80	55	35	25	30	35	45	57	70	80	85	75	50	60	83	70	32	32	34	52	70	80	90	90
2	59	50	44	35	33	37	48	65	82	95	105	95	72	55	40	30	25	30	40	45	60	75	90	88
3	66	45	31	30	26	35	50	55	56	75	90	96	92	65	32	25	22	30	35	35	28	40	60	77
4	68	55	34	20	10	— 5	24	35	44	65	85	98	125	95	49	35	25	24	22	25	28	30	38	53
5	70	70	48	30	16	5	0	5	22	45	65	95	117	120	95	65	20	5	10	10	15	27	40	55
6	65	65	50	40	35	25	19	20	23	35	55	75	113	120	116	95	74	55	36	25	17	20	23	35
7	56	65	55	47	41	25	12	8	12	30	50	75	82	115	128	125	103	80	55	35	20	5	5	10
8	17	30	42	40	33	30	30	25	21	15	12	20	26	50	72	80	83	70	47	35	21	16	5	— 10
9	— 5	25	52	50	38	45	36	30	20	15	10	10	15	35	65	85	90	75	45	35	32	25	15	0
10	— 15	— 25	— 20	5	30	50	55	45	30	20	12	10	22	30	35	43	60	85	104	90	47	30	20	5
11	— 10	— 20	— 15	— 5	10	30	40	50	45	40	30	20	20	25	23	22	21	42	62	60	45	48	40	20
12	— 7	— 15	— 18	— 20	— 15	5	25	30	30	35	40	35	22	10	0	— 9	— 9	10	35	50	58	50	40	25
13	9	— 20	— 40	— 40	— 17	0	10	27	43	50	45	30	13	10	8	6	5	10	15	35	57	55	45	35
14	28	5	— 23	— 30	— 20	— 5	10	20	33	45	53	45	33	20	5	— 5	— 9	— 5	10	25	35	50	55	50

VELOCITA' (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 100

Stazione 120 – Bab-el-Mandeb — Stretto principale

I valori senza segno indicano corrente entrante nel mar Rosso; quelli negativi corrente uscente

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	10	— 20	— 65	— 70	— 50	— 42	— 35	5	18	45	32	20	— 10	— 20	— 30	— 36	— 23	— 23	— 10	28	70	50	58	55
1	45	7	— 35	— 55	— 73	— 55	— 20	17	50	65	61	60	45	5	— 40	— 25	— 30	— 28	— 20	10	55	65	65	55
2	45	25	— 70	— 65	— 70	— 60	— 25	25	40	45	85	65	65	52	— 5	— 42	— 68	— 70	— 45	— 20	12	52	60	64
3	60	40	5	— 45	— 65	— 75	— 75	— 30	30	45	50	70	65	50	25	— 20	— 58	—100	— 95	— 75	— 35	— 5	20	30
4	25	25	45	15	— 45	— 75	— 75	— 52	0	52	90	118	75	78	65	25	— 30	— 70	—100	—105	— 80	— 50	— 35	0
5	15	20	35	50	30	— 15	— 70	— 70	— 50	10	25	70	95	95	85	55	30	— 18	— 70	— 84	— 84	— 70	0	55
6	40	30	20	20	10	— 10	— 20	— 45	— 50	— 40	— 5	50	85	90	80	65	50	25	— 10	— 50	— 70	— 90	— 75	— 35
7	— 10	— 10	— 5	5	— 20	— 28	— 5	— 25	— 40	— 35	— 32	10	35	45	65	55	30	28	5	— 20	— 53	— 80	— 84	— 70
8	— 50	— 40	— 30	— 28	— 12	— 10	— 16	— 30	— 40	— 44	— 50	0	15	42	51	67	50	35	38	30	19	— 35	— 65	— 79
9	— 82	— 75	— 30	10	17	19	16	— 7	— 20	— 24	— 8	— 28	— 15	15	29	50	64	70	55	56	55	— 5	— 45	— 80
10	— 74	— 64	— 52	— 30	10	16	42	25	23	20	14	— 30	— 27	— 40	— 23	29	35	89	102	85	55	50	68	10
11	— 50	— 55	— 61	— 53	— 16	15	40	30	30	35	27	11	— 12	— 21	— 25	— 21	— 23	14	37	35	30	40	10	— 7
12	— 35	— 60	— 75	— 70	— 50	— 35	15	40	47	25	18	12	0	— 20	— 25	— 36	— 15	14	30	40	55	72	50	28
13	0	— 35	— 60	— 75	— 53	— 50	— 22	31	25	45	50	42	20	— 5	— 23	— 38	— 50	— 25	10	25	45	52	40	30
14	14	0	— 20	— 51	— 53	— 45	— 25	— 17	30	42	55	50	38	12	10	— 20	— 50	— 40	— 29	0	35	45	50	50

VELOCITA' (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 130

Stazione 120 — Bab-el-Mandeb — Stretto principale

I numeri senza segno indicano corrente uscente dal mar Rosso; quelli col segno + corrente entrante

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	20	45	65	85	95	105	107	95	77	55	15	+ 45	+ 25	40	75	80	95	105	105	105	50	+ 15	+ 35	+ 20
1	55	75	100	105	110	115	105	85	70	60	+ 45	+ 50	0	65	80	80	75	75	75	70	60	30	+ 10	+ 30
2	+ 5	50	80	90	100	105	110	108	95	70	25	+ 50	+ 35	10	42	60	75	85	95	105	95	40	+ 5	+ 20
3	+ 15	10	40	60	80	95	115	120	100	45	+ 15	+ 45	+ 55	+ 45	+ 15	40	70	85	90	98	98	95	85	35
4	0	+ 20	+ 35	+ 30	20	80	110	105	80	45	10	+ 30	+ 60	+ 80	+ 59	+ 20	30	75	95	110	125	132	128	110
5	70	20	+ 15	+ 15	30	85	95	80	90	110	70	+ 20	+ 90	+105	+ 90	+ 70	+ 40	+ 10	30	90	85	70	90	110
6	80	10	+ 25	+ 35	+ 30	25	60	70	70	50	25	+ 5	+ 50	+ 85	+ 80	+ 55	+ 45	+ 30	0	45	60	70	80	95
7	110	110	110	100	90	70	70	90	110	125	100	45	+ 10	+ 40	+ 40	+ 35	+ 25	+ 10	10	35	80	105	110	125
8	115	105	95	98	95	95	90	85	80	75	85	100	110	80	45	+ 15	+ 45	+ 50	+ 20	25	55	74	95	115
9	120	110	105	102	100	95	85	83	83	83	75	65	45	32	30	30	0	+ 45	+ 67	+ 30	10	25	45	54
10	65	87	100	106	100	76	50	40	24	25	38	20	25	50	55	40	+ 20	+ 75	+ 75	+ 50	+ 10	25	10	25
11	75	83	85	100	96	76	60	40	25	5	+ 20	+ 29	+ 15	20	30	34	35	36	20	+ 5	+ 24	+ 25	+ 10	10
12	20	15	25	56	75	76	60	40	31	50	15	+ 30	+ 15	20	35	50	45	33	30	25	+ 20	+ 60	+ 50	+ 15
13	+ 25	+ 5	80	72	60	74	70	55	5	+ 55	+ 65	+ 55	+ 25	0	25	40	55	70	75	60	10	+ 57	+ 60	+ 40
14	+ 10	7	35	52	54	55	45	35	+ 15	+ 70	+ 70	+ 41	+ 25	+ 10	10	30	40	50	50	+ 40	0	+ 30	+ 50	+ 45

VELOCITÀ (CM/SEC) DELLE CORRENTI ALLA QUOTA DI M. 150

Stazione 120 — Bab-el-Mandeb — Stretto principale

I numeri senza segno indicano corrente uscente dal mar Rosso; quelli col segno + corrente entrante

Giorni	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	57	78	93	108	120	130	135	127	105	85	80	30	25	65	95	120	130	120	90	75	82	70	25	17
1	35	75	95	105	117	120	120	110	95	55	12	8	60	90	100	130	165	165	140	110	77	48	28	45
2	65	113	145	135	115	120	125	130	125	95	45	+ 20	40	75	80	90	100	103	110	125	110	75	55	35
3	25	40	70	90	98	105	110	110	105	75	+ 20	+ 60	+ 45	10	70	105	102	100	105	125	150	145	110	75
4	50	40	55	80	135	160	115	110	125	105	55	+ 5	+ 55	+ 75	+ 35	15	80	120	130	140	140	128	110	85
5	50	30	60	110	140	135	100	100	120	110	85	10	+ 70	+110	+105	+ 60	0	40	70	95	110	120	120	115
6	100	75	60	50	65	70	75	80	95	115	90	5	+ 50	+ 80	+ 95	+ 90	+ 45	25	70	80	85	100	110	115
7	100	85	85	90	75	66	70	90	100	110	110	105	85	35	+ 15	+ 50	+ 60	+ 50	0	50	100	125	135	140
8	130	115	90	80	70	75	100	110	105	110	120	120	100	80	60	0	+ 35	+ 50	+ 35	+ 5	32	75	125	140
9	120	100	140	120	100	85	85	85	90	85	80	65	50	45	55	35	+ 50	+ 60	+ 35	0	40	60	85	100
10	112	120	120	125	125	105	60	40	40	45	58	94	115	100	55	10	+ 35	+ 50	+ 42	+ 15	30	55	70	80
11	95	105	115	122	127	117	85	52	27	18	27	50	68	80	90	70	35	+ 5	+ 35	+ 25	28	10	25	80
12	75	80	95	105	107	110	110	100	62	28	10	18	45	80	110	108	90	70	50	50	35	0	+ 20	+ 5
13	60	70	65	85	105	120	110	85	69	35	30	50	68	75	80	80	75	70	65	55	35	10	+ 15	+ 15
14	25	65	80	80	80	85	105	85	25	+ 15	+ 20	+ 5	10	50	75	80	75	55	50	40	25	5	+ 10	+ 10

§. 32 — L'analisi armonica dei dati esposti nei quadri precedenti venne compiuta seguendo i procedimenti indicati dal Darwin (VI) per le serie quindicinali di osservazioni.

Ci limitiamo ad esporre i risultati del calcolo.

Costanti armoniche delle correnti di marea per il centro del canale grande di Bab-el-Mandeb (Stazione 120)

H in cm/sec; k' in gradi, T. M. del 45° merid. E. G.

Quota m		M_2	M_4	S_2	K_2	N_2	K_1	P_1	O_1	H_o (Marzo 1924)
5	H	36. 0	—	10. 6	2. 9	10	29. 1	9. 7	17. 8	66
	k'	302	—	330	330	297	122	122	142	—
20	H	36. 7	—	8. 5	2. 3	10. 3	38. 3	12. 8	18. 8	59
	k'	299	—	321	321	294	128	128	147	—
50	H	27. 6	4. 4	8. 0	2. 2	7. 7	24. 8	8. 3	11. 3	40
	k'	290	185	309	309	285	123	123	135	—
100	H	49. 4	3. 9	15. 2	4. 1	13. 8	34. 6	11. 5	22. 0	1
	k'	303	61	319	319	298	114	114	125	—
130	H	46. 3	7. 2	18. 3	5. 0	13. 0	53. 8	17. 9	28. 5	— 38
	k'	334	271	358	358	329	134	134	145	—
150	H	45. 3	7. 1	9. 4	2. 5	12. 8	56. 7	18. 9	37. 3	— 68
	k'	322	240	0	0	317	141	141	161	—

Per le quote inferiori a 100 m. l'analisi rileva l'esistenza di armonici superiori anche nella serie S. Per l'onda S_4 risultarono le seguenti caratteristiche:

Onda S_4

Quota m. 130 : H = 5 cm/sec; k' = 285°.
Quota m. 150 : H = 4,6 cm/sec; k' = 327°.

§. 33 — Nel seguente prospetto sono riassunti i valori dei principali rapporti fra le ampiezze degli armonici calcolati, e fra quelli degli analoghi armonici delle maree ai due lati dello stretto (§. 106).

Relazioni caratteristiche fra le costanti armoniche

	RAPPORTI FRA LE AMPIEZZE				Differenze fra i numeri *k*		
	$S_2 : M_2$	$N_2 : M_2$	$O_1 : K_1$	$(O_1 + K_1) : (M_2 + S_2)$	$S_2 - M_2$	$M_2 - N_2$	$K_1 \quad O_1$
CORRENTI							
Quota m. 5	.29		.61	1.01	28		— 20
» 20	.23		.49	1.26	22		— 19
» 30	.29		.46	1.01	19		— 12
» 100	.31		.65	.88	16		— 11
» 130	.39		.53	1.27	24		— 11
» 150	.21		.66	1.72	38		— 20
MAREE							
Massaua	.37	.28	.82	.09	5	32	— 14
Kamaran	.27		.47	.06	28		— 106
Assab	.38		.34	2.25	259		— 10
Gibuti	.43		.49	.80	19		— 5
Aden	.43	.28	.50	.87	21	5	— 2
Valori normali	.47	.19	.71	.49	—	—	—

§. 34 — Dall'esame di questo prospetto si traggono le seguenti conclusioni:

In tutto il mar Rosso, e in minore proporzione anche nel golfo di Aden, il rapporto fra le ampiezze dell'onda solare semidiurna S_2 e dell'onda lunare M_2 tanto per le correnti, quanto per le maree, si mantiene minore del valore normale.

Per le correnti di Bab-el-Mandeb si hanno valori analoghi a quelli delle maree nella parte interna del mar Rosso, valori che superano di poco la metà del valore normale. Da quota a quota si hanno notevoli oscillazioni nei valori di tale rapporto. Il massimo si ha a quota 130; il minimo a quota 150.

I rapporti fra le onde diurne O_1 e K_1 sono intermedi fra quelli che presentano le maree del mar Rosso e del golfo di Aden; risultano alquanto inferiori al valore normale e presentano sensibili differenze da quota a quota.

Di speciale interesse è il rapporto fra la somma delle ampiezze degli armonici diurni e quelle dei semidiurni, dato nella quarta colonna dei rapporti fra le ampiezze. A quota 100 si ha valore identico a quello delle maree del mare Arabico. Alle altre quote si hanno valori maggiori, superiori al doppio del rapporto normale.

Il rapporto fra le onde diurne e semidiurne subisce un forte aumento nelle quote inferiori ai 100 metri, raggiungendo 1,27 a quota 130 e 1,72 a quota 150.

Secondo l'uso proposto dal Van der Stok, quando il rapporto fra le ampiezze di (K_1+O_1): (M_2+S_2) è inferiore a 0,25, le curve di marea sono classificate nel tipo semidiurno; se tale rapporto è maggiore di 0,25, ma inferiore a 1,25, nel tipo misto; se maggiore di 1,25, nel tipo diurno.

Nel caso nostro abbiamo maree di tipo diurno molto pronunciato nella zona fra Assab e i bassi fondali a nord di Perim (Cap. VII), zona sede di una plaga nodale per le onde semidiurne. Al tipo diurno appartengono anche le correnti degli strati profondi di Bab-el-Mandeb, per quanto con caratteri meno intensi di quelli della zona nodale accennata. Le correnti alle quote superiori, sino a 100 m., come le maree del golfo di Aden, sono di tipo misto molto pronunciato, e si approssimano più al tipo diurno che a quello semidiurno. Vedremo invece che nel mar Rosso prevale la forma semidiurna.

Si può dire che la forma delle curve di corrente ha qualche somiglianza con quelle delle maree locali e del golfo di Aden; mentre negli strati profondi tale forma si approssima a quella della zona nodale di Assab, e ciò tanto più quanto maggiore è la prossimità del fondo.

§. 35 — L'analogia di ritmo tra correnti e maree risulta pure dall'esame delle differenze tra i numeri kappa delle diverse maree parziali. In generale si rileva che, sia nelle maree, come nelle correnti, esistono differenze sensibili da sito a sito, o da quota a quota. Ma che l'ordine di grandezza delle differenze si mantiene costante. Tipico, ad esempio, è il valore negativo della differenza tra i numeri kappa di K_1 e O_1, mentre negli altri mari in generale tale differenza è costantemente positiva. Alcune di queste differenze, come quelle delle onde S_2-M_2 ad Assab, e delle onde diurne K_1-O_1 a Kamaran, sono anormalmente diverse da quelle delle altre stazioni. Ma vedremo che ciò deriva dalla posizione di Assab e di Kamaran rispetto alle linee nodali delle onde semidiurne e diurne.

Le differenze accennate valgono, come è noto, per definire le età della marea.

§. 36 — Una sola serie quindicinale di valori orari, quale è quella usata per la deduzione delle costanti armoniche, non consente la valutazione diretta dell'onda semidiurna ellittica lunare N_2. I valori attribuiti alle costanti di questa onda nella tabella degli armonici vennero dedotti in modo indiretto, come indiretto è il metodo che si impiega nelle analisi di dati quindicinali per la valutazione degli armonici K_2 e P_2. In questi casi si adottano per le ampiezze H i rapporti stessi della teoria statica delle maree; e per gli argomenti k si suppone che K_2 abbia lo stesso numero k di S_2, e che P_1 abbia lo stesso numero k di K_1. L'ipotesi, nel caso nostro, è giustificata dalla validità di queste relazioni per le maree di Aden (§. 106).

L'onda N_2, in tutto il mar Rosso è anormalmente ampia (§. 115). Il rapporto fra le ampiezze di N_2 e di M_2, invece del valore teorico 0,19, vale 0,32 a Suez, 0,28 da Massaua ad Aden. Per avere un valore aprossimato delle ampiezze

di N_2 abbiamo adottato il rapporto 0,28, proprio delle maree locali, moltiplicando per esse l'ampiezze di M_2. Per i numeri kappa di N_2 abbiamo adottato analogamente la stessa relazione esistente nelle maree del golfo di Aden, la quale importa per N_2 un numero kappa inferiore di 5° rispetto a quello di M_2. L'onda N_2 risulta ad ogni modo di ordine secondario rispetto alle onde determinate direttamente, venendo in ordine di importanza al sesto posto, dopo le onde M_2, K_1, O_1, P_1 e S_2. Il gruppo degli armonici minori è dato da K_2, M_4 e S_4. Le ultime due onde M_4 e S_4 mancano nelle correnti degli strati superiori La tipica fluttuazione con periodo di un mezzo mese sinodico lunare, riscontrata a Messina, non esiste a Bab-el-Mandeb.

LA CORRENTE PROGRESSIVA

§. 37 — Nel quadro degli armonici sono dati, nella colonna A_0, i valori della corrente progressiva media, che si somma con quella alterna di marea. Nel caso delle maree il termine A_0, che qui figura una corrente progressiva, sta a rappresentare il medio livello marino, attorno a cui avvengono le oscillazioni. La corrente progressiva ha un significato analogo al livello medio, in quanto nella figurazione grafica sta ancora a rappresentare il medio livello attorno al quale avvengono le fluttuazioni di corrente. In superficie la corrente progressiva, dovuta ad azione diretta o indiretta degli agenti atmosferici e delle condizioni fisiche del mare, ha valori assai rilevanti. Nel mese di marzo ,epoca della stazione quindicinale 120 analizzata, raggiunse la media di 66 cm/sec. Effettivamente se si valutano le medie velocità delle correnti, nei singoli giorni, si trova che questo valore subisce fluttuazioni che discuteremo nel §. 149. I massimi valori si ebbero all'inizio della stazione, dopo una serie di giornate burrascose, con venti fortissimi; i minimi valori negli ultimi tre giorni, con tregua di vento.

La corrente progressiva negli strati superiori è entrante nel mar Rosso. Colla convenzione adottata per i segni delle velocità, essa viene quindi espressa da numeri positivi. Sommando questo numero col valore momentaneo della corrente di marea si ha la corrente effettiva. La corrente superficiale di deriva, rilevata nella stazione 120, è dell'ordine di grandezza delle massime correnti di marea. Per la presenza della corrente di deriva la curva delle correnti di marea risulta spostata fortemente nel verso delle velocità positive. Il grafico viene a trovarsi tutto al di sopra dell'asse zero. Non si presentano quindi inversioni di corrente. Durante la stazione 120 si ebbero brevi intervalli con inversione di corrente solo negli ultimi tre giorni, quando la corrente di deriva scese a valori da 50 a 40 cm/sec; e anche allora la corrente invertita ebbe deboli velocità e breve durata (Fig. 7).

Sulla base delle misurazioni eseguite nelle altre stazioni, che saranno discusse in seguito, si è potuto verificare che la corrente di deriva mantiene sensibilmente la stessa intensità anche negli altri mesi invernali, fra novembre ed aprile.

Secondo le notizie nautiche ricordate nel Cap. I., la corrente superficiale di deriva dovrebbe indebolirsi nel passaggio dai monsoni invernali a quelli

estivi; dovrebbe essere nulla nel periodo delle calme (maggio e ottobre); e invertirsi, scorrendo dal mar Rosso verso l'Indiano, nei mesi estivi da giugno a settembre. Non abbiamo potuto controllare direttamente queste notizie.

§. 38 — A quote via via più profonde, a partire dalla superficie, il valore di A_0, dato nel quadro degli armonici, va decrescendo. A 50 m. ha ancora il valore di 50 cm/sec; a 100 è ridotto a valori nulli. Oltre questa quota la corrente di deriva si inverte, nell'epoca di marzo, e probabilmente in tutta la stagione invernale. A 130 m. la corrente di deriva fluisce dal mar Rosso verso il mare Arabico, portando acque calde e salse, come sarà precisato nella discussione dei dati termici. La velocità, a tale quota, è di 38 cm/sec; a 150 questa corrente è molto più intensa, superando quella stessa superficiale; dalle nostre misure risulta il valore medio 68 cm/sec.

Se le notizie nautiche relative al regime estivo della corrente superficiale sono effettivamente conformi ai fatti, come inducono a ritenere le osservazioni fatte nell'Indiano (XXII), si deve presumere che anche nella distribuzione verticale della corrente di deriva debbano intervenire mutazioni profonde nella stagione estiva.

CARATTERISTICHE DELLE CURVE DI CORRENTE

§. 39 — Gli aspetti tipici presentati dalle correnti di Bab-el-Mandeb sono rispecchiati dai valori delle costanti armoniche e delle velocità delle correnti di deriva che si hanno alle singole quote.

Nel §. 61 traccieremo i diversi aspetti che può assumere la curva delle correnti di marea nelle diverse epoche lunari e stagionali. Limitiamoci, per ora, ad esaminare le caratteristiche rilevate nell'epoca della stazione quindicinale 120.

Nei primi giorni, a cui il grafico si riferisce, si è in epoca sizigiale, con luna piena il giorno 21. Sole e luna hanno inoltre declinazione prossima a zero. Le due oscillazioni semidiurne della corrente di marea sono prossimamente uguali.

Iniziando le misure negli stretti di Bab-el-Mandeb pensavamo di trovarci di fronte a un ritmo diurno di correnti di marea, secondo le notizie diffuse dopo la campagna della *Stork* (§. 8), e secondo le affermazioni che si trovano nei testi di oceanografia. Le misure ci rivelarono invece l'esistenza di oscillazioni nettamente semidiurne, con disuguaglianze diurne che, inizialmente deboli, andarono poi accentuandosi di giorno in giorno, verso l'epoca delle quadrature, che coincideva anche, nel caso nostro, con quella di declinazione lunare massima (Fig. 7); si attenuarono in seguito, e alla fine della stazione le due oscillazioni semidiurne ripresero valori prossimamente uguali.

La curva è perturbata da numerose piccole oscillazioni e da irregolarità di vario tipo; ma l'andamento generale è tipicamente armonico.

§. 40 — Andamento analogo hanno le curve relative alle correnti osservate alle quote di m. 20 e 50. Nel grafico abbiamo tracciato solo quella relativa alla quota 50. Le ampiezze delle oscillazioni sono ivi minori che negli strati

superiori, come minori sono le ampiezze degli armonici. La corrente di deriva è rivolta verso l'interno del mar Rosso, come in superficie, con velocità notevolmente minore, ma tuttavia ancora così rilevante che le inversioni di corrente si verificano solo in singoli casi e per brevi intervalli.

Alla quota di m. 100 la curva delle correnti presenta forti differenze rispetto a quella superficiale. A questa quota la corrente di deriva è solo 1 cm/sec, come media dei quindici giorni considerati. E' ancora rivolta dal golfo di Aden verso il mar Rosso, come le correnti degli strati superiori. Lo strato di velocità nulla, per la corrente di deriva, deve essere al di sotto della quota 100; ma assai prossimo a questa quota; a 130 m. già domina una forte corrente di opposta direzione.

La curva di quota 100 m. risulta quasi simmetrica rispetto all'asse di velocità nulla; le inversioni di corrente, ad ogni semioscillazione, sono abbastanza regolari. In tutti i quindici giorni non vi sono che due oscillazioni che non salgono al di sopra dell'asse zero, quelle minori dei giorni 26 e 27.

I dislivelli estremi fra i massimi e i minimi nelle curve di quota 100 sono molto maggiori di quelli relativi alle correnti degli strati superiori. Le ampiezze degli armonici sono pure notevolmente maggiori.

Come per le curve prima considerate, le oscillazioni semidiurne dell'epoca sizigiale sono quasi eguali tra loro; le disuguaglianze diurne sono rilevantissime nell'epoca della massima declinazione lunare.

Sotto lo strato di quota 100 la corrente di deriva è opposta a quella degli strati superiori; questa corrente si intensifica gradualmente verso il fondo; a 150 m. è quasi doppia di quella che si ha a 130 m., e risulta, in valore assoluto, superiore a quella opposta superficiale.

Nel grafico abbiamo riferito la sola curva di quota 150 m.; quella di quota 130 ha caratteri intermedi tra le curve di quota 100 e 150. Come abbiamo già rilevato nell'esame delle costanti armoniche, le correnti di questi strati profondi accentuano fortemente le ampiezze delle onde a periodo diurno; le curve di corrente si allontanano perciò dalla forma mista che si ha negli strati superiori, per accostarsi a quella delle maree diurne. Tuttavia la doppia oscillazione semidiurna è sempre nettamente visibile, e presenta ancora, come nei casi precedenti, disuguaglianze molto variabili coll'epoca lunare.

Quando la corrente positiva di marea è nella fase massima, suole superare la velocità della opposta corrente di deriva. Il flusso allora si inverte, e scorre nel verso della corrente superficiale; la curva si eleva notevolmente al di sopra dell'asse di velocità nulla; e la differenza tra i due estremi, superiore e inferiore, è quasi doppia di quella dell'oscillazione superficiale, superando quella stessa di quota 100.

Mentre nelle curve degli strati intermedi le differenze tra i minimi successivi sono notevoli, nelle curve degli strati estremi, superficiali e di fondo, le differenze tra i minimi sono poco sensibili e molto intense sono quelle tra i massimi. Nelle curve di quota 150 tali differenze raggiungono quasi il valore di tre miglia per ora.

§. 41 — La configurazione delle curve di corrente, quale fu descritta, vale per l'epoca della stazione 120, cioè per l'equinozio di primavera. Vedremo

che in altre epoche dell'anno gli aspetti delle curve e la distribuzione delle inuguaglianze varia sino ad assumere forme opposte a quelle ora riscontrate. Così nel solstizio invernale, epoca in cui furono compiute le misure della nave *Stork* nel 1898 (§. 8), le disuguaglianze diurne assumono valori massimi in epoca sizigiale, invece che in epoca di quadrature come negli equinozi. Le misure della *Stork* non poterono essere proseguite che per quattro giorni, e in tale intervallo si erano avute sempre forti disuguaglianze diurne. Il fatto venne ritenuto come un carattere permanente del ritmo delle correnti di marea, che venne perciò erroneamente descritto di tipo diurno. Se la nostra stazione 120 fosse stata analogamente interrotta al quarto giorno, e si fossero poi fatte indebite generalizzazioni, si sarebbe concluso che il ritmo delle correnti di marea è perfettamente semidiurno, tale essendo l'apparenza delle curve, specialmente in superficie. Simile deduzione sarebbe stata errata, come fu quella del Gedge. La realtà è questa: le maree parziali operano in guisa da dare origine a tutte le possibili forme comprese tra il tipo semidiurno, con disuguaglianze quasi nulle tra successivi massimi o minimi, e un tipo in cui i termini semidiurni sono meno evidenti e le disuguaglianze diurne assai pronunciate. Si tratta cioè di curve di corrente di tipo misto, le quali hanno aspetti variabili colle fasi lunari e colle stagioni. Preciseremo nel N° 61 le linee generali di queste mutazioni.

§. 42 — Il Gedge aveva localizzato verso 140 m. lo strato che separa il flusso progressivo delle acque del golfo di Aden entranti nel mar Rosso, da quello inferiore delle acque del mar Rosso scorrenti verso il mare Arabico.

Dalle nostre determinazioni tale strato risulta alquanto più elevato, e prossimo a 100 m. La differenza deriva dal fatto che la stazione della *Stork* è a SW di Perim, e quindi notevolmente più a sud della stazione 120, posta a NW di Perim, in vicinanza dei minimi fondali che separano il bacino del mar Rosso da quello del mare Arabico. La corrente uscente dal mar Rosso, per la maggiore densità delle acque salse, che essa porta, si approfonda nel mare e forma un velo acqueo, che rimane distinto, per lungo tratto, dalle acque in cui è immerso, tanto da essere ancora riconoscibile a distanza di centinaia di miglia, come preciseremo nello studio delle distribuzioni termiche e saline. Le diversità di postazione dello strato separante i due opposti flussi, risultante dalle determinazioni fatte dalla *Stork* e nostre, costituisce quindi una conseguenza necessaria della diversa posizione in cui il fenomeno fu esaminato.

Si deve evitare di dare una erronea interpretazione all'esistenza di questo strato neutro, separante due opposti flussi. Non si deve dimenticare cioè che la posizione di questo strato, oltre che al sito considerato, è legata alla stagione e alle condizioni che determinano il regime della corrente superficiale di deriva. Nella stagione estiva, ad esempio, quando la corrente di deriva superficiale è rivolta dal mar Rosso verso l'oceano Indiano, come affermano i portolani, probabilmente si ha analoga inversione anche negli strati profondi, e il setto di separazione tra i due flussi assume allora una posizione che ci è sconosciuta. Nelle stagioni intermedie poi, quando la corrente di deriva superficiale è più debole di quella invernale, può darsi che anche lo strato neutro subisca forti variazioni di livello.

Inoltre si deve tener presente che la corrente globale è somma della corrente di deriva e delle correnti di marea. Quando queste raggiungono valori superiori alla corrente di deriva, il flusso delle acque segue il verso della corrente prevalente. Si è visto che negli strati profondi normalmente la corrente scorre in verso opposto alla corrente di deriva e quindi verso l'interno del mar Rosso, come le acque superficiali, per alcune ore, ogni giorno, durante la fase del massimo principale della corrente di marea. Si hanno talora correnti opposte a quelle di deriva, rivolte quindi verso l'Indiano, anche negli strati superiori dello stretto, quando la corrente di deriva risulta inferiore a quella di marea.

Affermando che esiste uno strato di separazione tra due opposti flussi intendiamo riferirci alla corrente di deriva, che rappresenta solo uno dei termini componenti la corrente complessiva. Ma se si considera il flusso reale non si trova nessun setto permanente di separazione tra opposte correnti. L'esistenza di correnti opposte è il fatto più frequente; tuttavia il setto di separazione è di continuo oscillante, e in date fasi si sposta sino alla superficie o sino al fondo; ciò significa che allora la corrente è tutta rivolta nello stesso verso, fra superficie e fondo.

Come si è rilevato, alla quota di 100 m. i due flussi opposti sono pressochè simmetrici: questa simmetria va gradualmente diminuendo tanto verso gli strati superiori, quanto verso quelli inferiori, prevalendo nel primo caso i flussi diretti verso il mar Rosso, e nel secondo quelli diretti verso l'Indiano.

Ma la prevalenza non deve essere identificata colla permanenza, come è affermato nelle notizie diffuse in passato.

Nelle curve di fondo, ove i termini diurni sono molto rilevanti, e le disuguaglianze raggiungono i valori massimi, l'inversione di corrente avviene anche in presenza di valori estremamente elevati della corrente di deriva; in superficie si manifesta invece solo quando la corrente di deriva subisce un forte indebolimento.

§. 43 — Osserviamo infine che le irregolarità presentate dalle curve di corrente derivano non soltanto da turbolenze effettive nei moti delle acque, ma anche da errori strumentali (§. 29), dal modo stesso con cui sono eseguite le misure e valutate le profondità (§. 27), e da eventuali errori nella determinazione del tempo. Le misure sono fatte in modo discontinuo, ogni ora, e per un breve intervallo (usualmente si adottava l'intervallo di 100 secondi). Siccome le correnti marine, come quelle aeree, presentano continue e rapide pulsazioni nella velocità, le misure discontinue non possono dare il medio valore attorno al quale avvengono queste pulsazioni, ma da esso si scostano ora in eccesso, ed ora in diffetto, a seconda che la misura coincide con un massimo o con un minimo della pulsazione. L'andamento medio delle correnti potrebbe essere rilevato in modo corretto solo mediante strumenti registratori. Apparecchi del genere furono proposti (XXVII), ma non ancora perfezionati così da renderli di uso comune.

La grandezza di queste pulsazioni di corrente cresce in generale, colla velocità: così a Messina, ove le correnti di marea sono più rapide, si hanno anche pulsazioni molto più rilevanti di Bab-el-Mandeb.

Le pulsazioni di velocità sono accompagnate da fluttuazioni della direzione; misure ripetute a intervalli brevissimi, come non dànno valori ordinati secondo una curva semplice, così non corrispondono a direzione costante, ma si scostano ora a destra, ed ora a sinistra, di un valore medio.

La presenza di correnti di opposta direzione dà poi origine a frequenti moti vorticosi, la cui presenza fu rilevata assai spesso nello stretto di Bab-el-Mandeb, specialmente negli strati medi e profondi. Le misure compiute in presenza di simili moti dànno valori che non corrispondono al ritmo normale della corrente, ma provocano irregolarità più o meno gravi.

Valori errati si possono avere anche per fluttuazioni della navè, durante l'intervallo di misura. Questa causa di errore, a Bab-el-Mandeb, si presentò di rado, perchè il vento e la corrente superficiale presentarono quasi sempre direzioni debolmente oscillanti.

Nella figurazione armonica, basata su brevi serie di dati, non si possono valutare che le onde principali. I termini secondari, e in generale gli armonici superiori (esclusi solo M_4 e S_4), non possono essere valutati. La presenza di onde con breve periodo è invece evidente nelle curve di corrente della stazione 120, specialmente nelle quote prossime al fondo; può anche darsi che tali onde non siano di tipo armonico.

Per questo complesso di fatti dobbiamo ritenere che le curve di osservazione non siano che una figurazione approssimata del fenomeno reale; e che la sintesi degli armonici principali rappresenti semplicemente, mediante legge regolare, l'andamento prevalente delle curve perturbate effettive; si dovranno presentare necessariamente divergenze sensibili tra dati calcolati e dati osservati.

GRADO DI PRECISIONE DELLE COSTANTI ARMONICHE

§. 44 — Avendo una sola serie quindicinale di osservazioni, il controllo del grado di precisione delle costanti armoniche può essere fatto soltanto in base al confronto tra i valori dedotti dalla sintesi degli armonici e quelli direttamente misurati.

La sintesi degli armonici viene qui fatta calcolando:

a) gli argomenti astronomici I delle singole maree parziali;

b) i prodotti H cos I, ove le H sono le ampiezze delle maree parziali date nel §. 32, moltiplicate per i fattori speciali per l'anno 1924;

c) le somme dei prodotti H cosI e della corrente di deriva.

Queste operazioni sono facilitate da tabelle speciali, quali quelle del Warburg (XXVI). Rinviamo a quest'ultima opera per le spiegazioni sui procedimenti del calcolo.

Ci limitiamo qui a presentare alcune serie di controlli per le correnti rilevate a quote di m. 5, 100 e 150 in due differenti epoche lunari.

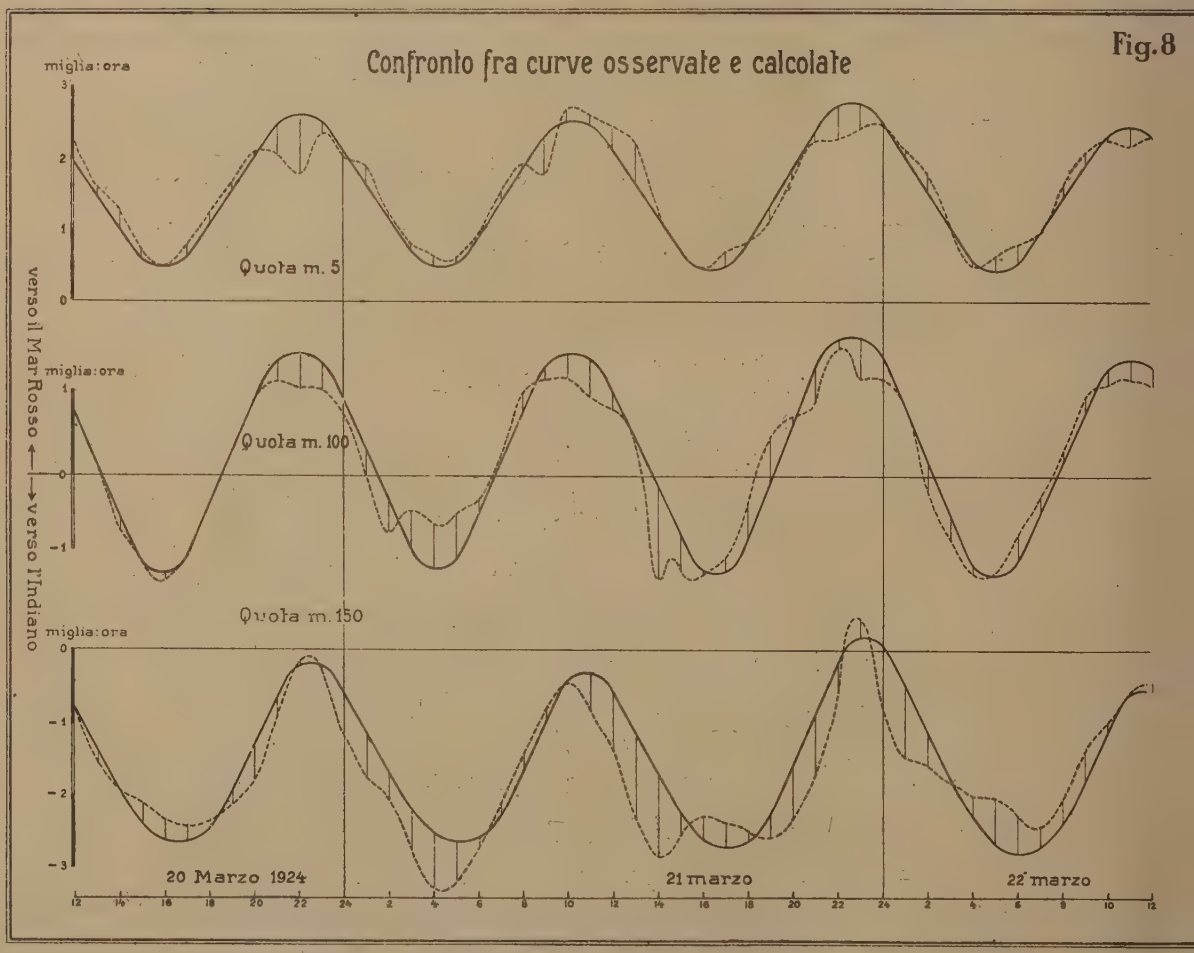
Altri controlli sulle correnti superficiali saranno presentati nel Cap. V.

§. 45 — Siccome la corrente di deriva non si mantiene costante di giorno in giorno (§. 149), abbiamo adottato i seguenti valori:

alla quota di m.	5,	+ 76	cm/sec	per i giorni	20-22 marzo
		+ 66	»	»	26-27 »
		+ 60	»	»	27-28 »
alla quota di m.	100,	+ 10	»	»	20-22 »
		— 10	»	»	26-28 »
alla quota di m,	150,	— 78	»	»	20-22 »
		— 68	»	»	26-28 »

Questi valori corrispondono alla media velocità diurna, e possono differire alquanto dai medi valori quindicinali dati nel quadro degli armonici.

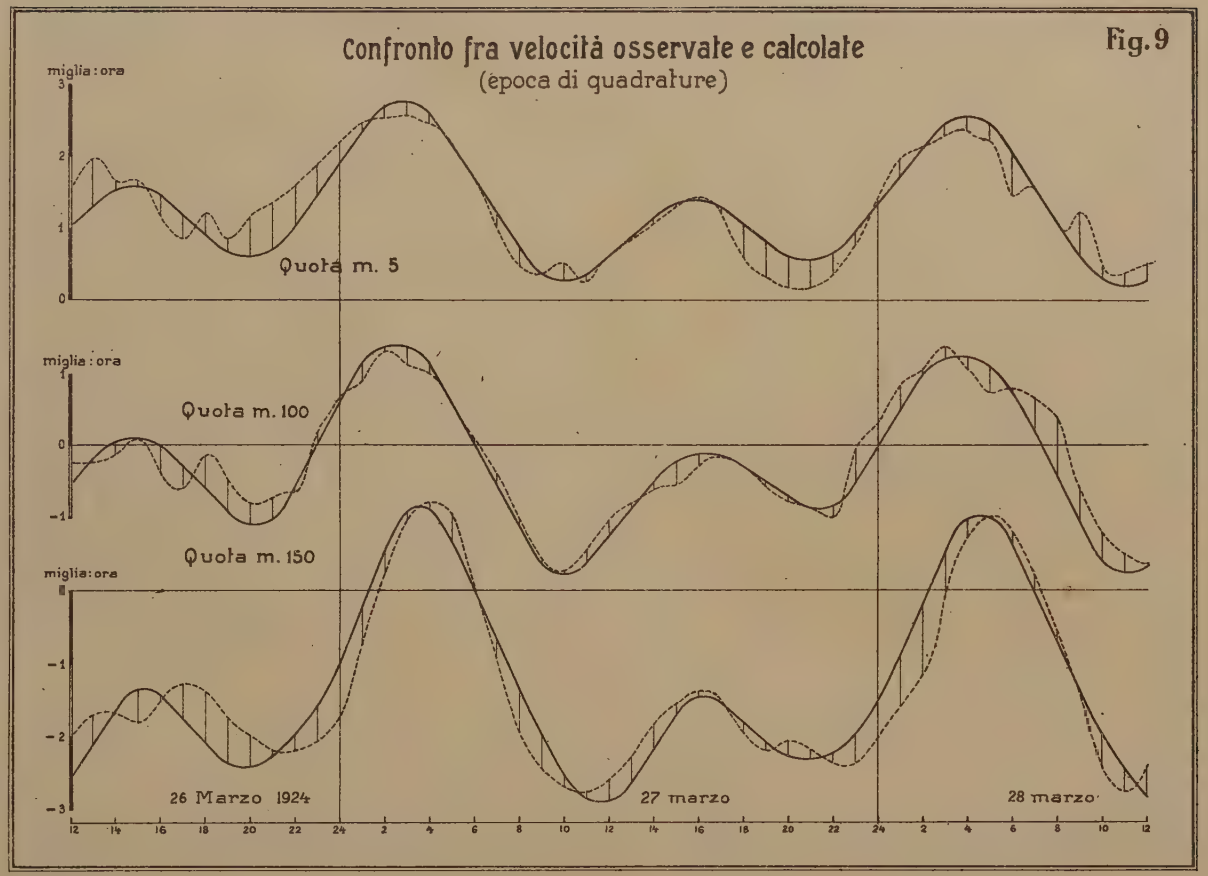
Fig.8



I seguenti prospetti mettono a raffronto i risultati del calcolo con i dati di osservazione, quali furono ridotti nelle tabelle usate per l'analisi armonica (§. 31).

CONFRONTO FRA VELOCITÀ OSSERVATE E CALCOLATE (cm/sec).

DATA	Valori	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Differ. media
Quota m. 5																										
	Osserv.	110	80	65	37	25	38	60	81	103	102	88	115	98	96	61	41	34	30	44	75	95	88	134	129	
20-21 marzo 1924	Calcol.	96	70	46	31	25	31	50	75	99	119	127	123	105	80	57	35	26	27	45	69	98	113	123	121	10
	Differ.	14	10	19	6	0	7	10	6	4	17	39	8	7	16	4	6	8	3	1	6	3	25	11	8	
	Osserv.	120	110	67	38	24	34	40	55	83	111	112	118	122	106	90	60	25	30	40	45	78	100	111	108	
21-22 » »	Calcol.	109	85	60	38	25	23	36	61	89	115	133	137	126	104	76	50	31	21	27	45	69	92	111	121	8
	Differ.	11	25	7	0	1	11	4	6	6	4	21	19	4	2	14	10	6	9	13	0	9	8	0	13	
	Osserv.	78	98	80	82	57	42	45	42	60	67	79	74	110	124	126	127	122	108	85	50	24	19	26	20	
26-27 » »	Calcol.	51	66	74	79	71	57	60	34	32	35	51	95	97	120	133	136	127	110	83	57	36	20	17	14	13
	Differ.	27	32	6	3	14	15	15	8	28	32	28	21	13	4	7	9	5	2	2	7	12	1	9	6	
	Osserv.	35	43	54	67	72	60	38	18	10	10	18	42	72	100	108	115	118	112	74	79	50	62	25	21	
27-28 » »	Calcol.	31	46	59	68	67	61	54	42	32	30	36	50	70	91	110	123	126	119	101	77	53	31	16	10	10
	Differ.	4	3	5	1	5	1	16	24	22	20	18	8	2	9	2	8	8	7	27	2	3	31	9	11	
Quota m. 100																										
	Osserv.	45	7	— 35	— 55	— 73	— 55	— 20	17	50	65	61	60	45	5	— 40	— 25	— 30	— 28	— 20	10	55	65	65	55	
20-21 marzo 1924	Calcol.	46	12	— 27	— 56	— 67	— 57	— 25	13	50	75	84	77	56	25	— 13	— 46	— 64	— 58	— 31	8	44	70	83	78	12
	Differ.	1	5	8	1	6	2	5	4	0	10	23	17	11	20	27	21	34	30	11	2	11	5	18	23	
	Osserv.	45	25	— 70	— 65	— 70	60	— 25	25	40	45	85	65	65	52	— 5	— 42	— 68	— 70	— 45	— 20	12	52	60	64	
21-22 » »	Calcol.	60	33	— 5	— 38	— 63	66	— 44	— 8	37	71	91	94	80	53	14	— 25	— 58	— 69	— 59	— 28	11	47	70	80	14
	Differ.	15	8	65	27	7	6	19	33	3	26	6	29	15	1	19	17	10	1	14	8	1	5	10	16	
	Osserv.	—10	— 10	— 5	5	— 20	— 28	— 5	— 25	— 40	— 35	— 32	10	35	45	65	55	50	28	5	— 20	53	— 80	— 84	— 70	
26-27 » »	Calcol.	—25	— 6	1	4	— 4	— 15	— 32	— 48	— 54	— 59	— 29	0	32	58	68	66	56	34	4	— 31	61	— 81	— 89	— 78	10
	Differ.	15	4	6	1	16	13	27	23	14	24	3	10	3	13	3	11	6	6	1	11	8	1	5	8	
	Osserv.	—50	— 40	— 30	— 28	— 12	— 10	— 16	— 30	— 40	— 44	— 50	0	15	42	51	67	50	35	38	30	19	— 35	— 65	— 77	
27-28 » »	Calcol.	—55	— 33	— 20	— 12	— 5	— 7	— 15	— 26	— 36	— 43	— 40	— 26	1	29	49	59	60	51	34	9	— 24	— 58	— 79	— 89	11
	Differ.	5	7	10	16	7	3	1	4	4	1	10	26	14	13	2	8	10	16	4	21	43	23	14	12	
Quota m. 150																										
(è omesso il segno —)	Osserv.	35	75	95	105	117	120	120	110	95	55	12	8	60	90	100	130	165	165	140	110	77	48	28	45	
20-21 marzo 1924	Calcol.	40	68	96	116	127	133	126	105	74	39	15	12	30	57	86	108	124	132	131	118	90	53	27	18	14
	Differ.	5	7	1	11	10	13	6	5	21	16	3	4	30	33	14	22	41	33	9	8	13	5	1	27	
	Osserv.	65	113	145	135	115	120	125	130	125	95	45	+ 20	40	75	80	90	100	103	110	125	110	75	55	35	
21-22 » »	Calcol.	29	56	85	111	129	134	132	116	83	52	15	+ 6	+ 8	20	52	86	112	129	140	137	122	94	61	36	25
	Differ.	36	57	60	24	14	14	7	14	42	43	30	14	— 48	55	28	4	12	26	30	12	12	19	6	1	
	Osserv.	100	85	85	90	75	65	70	90	100	110	110	105	85	35	+ 15	+ 50	+ 60	+ 50	0	50	100	125	135	140	
26-27 » »	Calcol.	128	103	81	68	74	88	108	118	121	112	101	78	47	7	+ 31	+ 54	+ 53	+ 31	+ 2	41	75	103	126	143	16
	Differ.	28	18	4	22	1	23	38	28	21	2	9	27	38	28	16	4	7	19	2	9	25	22	9	3	
	Osserv.	130	115	90	80	70	75	100	110	105	110	120	120	100	80	60	0	+ 36	+ 50	+ 35	+ 5	32	75	125	140	
27-28 » »	Calcol.	143	130	106	85	74	79	93	109	115	115	112	102	76	43	6	30	+ 49	+ 48	+ 28	7	42	75	100	126	15
	Differ.	13	15	16	5	4	4	7	1	10	5	8	18	24	37	54	30	13	2	7	12	10	0	25	14	


Confronto fra velocità osservate e calcolate
(epoca di quadrature)
Fig. 9
miglia: ora
Quota m. 5
miglia: ora
Quota m. 100
Quota m. 150
miglia: ora
26 Marzo 1924
27 marzo
28 marzo

§. 46 — I valori del precedente prospetto sono rappresentati nei grafici delle Fig. 8 e 9. In generale si rileva che l'accordo tra i due gruppi di valori calcolati e osservati è espresso da differenze poco superiori al grado di precisione che si può annettere ai dati osservati. Per le quote di m. 5 e 100 le differenze oscillano tra 8 e 14 cm/sec; sono inegualmente distribuite, sia nei diversi giorni considerati, come nelle singole ore; nei punti in cui si presentano le massime differenze si rilevano le maggiori irregolarità dei dati di osservazione.

Per la quota di m. 150 le medie differenze sono alquanto più elevate, variando da 14 a 25 cm/sec. La curva di osservazione è molto perturbata da fluttuazioni secondarie, che scostano la curva dalla forma armonica; la curva dedotta per sintesi presenta perciò, in diversi punti, notevoli divergenze, le quali elevano notevolmente il valore della differenza media. Gli scarti massimi si hanno il giorno 21-22 marzo, nel quale l'andamento della corrente è particolarmente turbato. Negli altri giorni la differenza tra valori calcolati e osservati si mantiene sui 15 cm/sec, valore che è tuttavia maggiore di quello relativo agli strati superiori.

Possiamo concludere quindi che la sintesi degli armonici riproduce le curve di osservazione con scarti medi dell'ordine di 11 cm/sec alle quote superficiali; di 12 cm/sec per le quote medie; e di 16 cm/sec per quelle di fondo. Esprimendo queste cifre in miglia/ora, abbiamo valori inferiori a ¼ negli strati superiori e medi, e poco più di ¼ per gli strati di fondo. Queste differenze non provengono da errori sistematici, e quindi da insufficiente approssimazione degli armonici, ma principalmente dalle irregolarità stesse delle curve di osservazione. La curva sintesi degli armonici corrisponde abbastanza bene ad una curva regolare che segua l'andamento di quella irregolare effettiva; e sotto questo aspetto fa ritenere come molto soddisfacente l'approssimazione delle costanti armoniche usate nel calcolo.

§. 47 — Non va dimenticato poi che la sintesi degli armonici dà la sola curva delle correnti di marea. I dati di osservazione si riferiscono invece alla corrente complessiva, risultante dalla somma della corrente di marea con quella di deriva. Per stabilire un confronto tra le sole correnti di marea calcolate e osservate si deve aggiungere alla sintesi degli armonici la corrente di deriva, nota o presunta, per l'epoca considerata, come fu fatto nei calcoli del precedente prospetto; ovvero diminuire i dati osservati del valore che ha la corrente di deriva.

Ora questa corrente appare variabile, entro limiti abbastanza estesi, non solo da stagione a stagione, ma da giorno a giorno di una stessa stagione, e forse anche di ora in ora, se le condizioni da cui dipende subiscono analoghe variazioni. Esaminando i grafici della Fig. 7 risulta evidente la variazione dell'asse medio attorno al quale fluttuano le correnti di marea. Ammettendo un valore costante per la corrente di deriva si accettano necessariamente errori, che non devono essere imputati a limitata approssimazione nella figurazione delle correnti di marea. Così nei calcoli precedenti, nei quali la corrente di deriva fu supposta costante durante le singole giornate, parte delle differenze riscontrate possono derivare, oltre che dalle turbolenze irregolari, anche da variazioni intervenute nel valore della corrente di deriva. Se invece di adot-

tare valori pari alla media delle velocità di ogni singolo giorno, avessimo adottato i valori di A_0, dati nel prospetto degli armonici, (media quindicinale), lo scarto tra calcoli e osservazioni sarebbe riuscito sensibilmente più elevato.

§. 48 — La presenza di un termine così essenziale e variabile, quale è il valore elevato della corrente di deriva, costituisce per le applicazioni pratiche un elemento di incertezza e di errore. Mentre la conoscenza degli armonici componenti le curve delle correnti di marea consente il calcolo di esse con un grado di precisione notevolmente elevato, le variazioni della corrente di deriva non consentono praticamente che valutazioni molto meno approssimate della corrente effettiva, precisamente come avviene nel caso delle maree portuali, ove le previsioni astronomiche non riescono mai corrette se i fattori atmosferici esercitano perturbazioni rilevanti.

CAPITOLO IV

Tavole generali delle correnti nello stretto principale di Bab-el-Mandeb

VALUTAZIONE DEGLI ARMONICI COMPONENTI

§. 49 — Il possesso delle costanti armoniche consente una facile e precisa predizione delle correnti di marea per ogni epoca desiderata, coi procedimenti di sintesi in uso per le maree dei porti principali.

Per le applicazioni nautiche non occorre raggiungere estrema precisione; interessa piuttosto dedurre valori di uso generale, i quali consentano ai naviganti l'immediata conoscenza di valori approssimati delle correnti.

Per lo stretto di Bab-el- Mandeb la costruzione di tavole generali delle correnti deve essere basata sulla valutazione dei seguenti armonici: M_2, K_1, O_1, P_1 e S_2. Si è visto che l'onda M_4, caratteristica del fondo, manca negli strati superiori; che l'onda K_2 ha ampiezza inferiore a 3 cm/sec. La N_2 raggiunge 10 cm/sec, ma non potrebbe essere valutata in modo diretto nelle tavole. Volendo tenerne conto si dovrebbe costruire una tabella ausiliaria, ordinata in base all'età anomalistica lunare; per scopi nautici ciò non è necessario.

Le cinque onde che devono essere valutate nella sintesi sono state elencate in ordine di ampiezza decrescente. Dopo l'onda M_2, che si calcola facilmente in modo generale, con riferimento all'età lunare, seguono per importanza i termini diurni K_1, O_1 e P_1. Viene infine l'onda S_2 che si presta nel modo più semplice a calcoli generali, perchè si ripete identicamente ad ogni mezzo giorno solare medio.

Esponiamo il principio sul quale ci basiamo per la valutazione approssimata delle onde diurne.

Al primo gennaio di ogni anno l'onda K_1 presenta argomenti astronomici compresi entro questi limiti: $350^0 \pm 10^0$.

Gli argomenti stessi decrescono poi gradualmente di circa 30° ogni mese, da gennaio a dicembre. Di anno in anno, alla data media di ogni mese, gli argomenti subiscono quindi variazioni non superiori a 10° rispetto al valore medio.

L'onda P_1 al primo gennaio di ogni anno ha invariabilmente l'argomento 10°. Nel corso dell'anno questo valore cresce poi di 30° al mese. Alla metà di ogni mese, in anni diversi, si ha quindi sempre lo stesso argomento.

Per il fatto che queste due onde, di importanza fondamentale nel caso nostro, hanno una regolare variazione mensile, le tavole di corrente debbono essere valutate almeno per la data media di ogni mese. L'errore che si commette sull'onda K_1, ritenendo costante l'argomento astronomico a metà mese in anni diversi, produce al massimo uno sfasamento di circa 40 minuti; errore non grave, trattandosi di onda a periodo diurno. Supponendo che i valori determinati per l'epoca media di ogni mese valgano per tutto il mese che si considera, si aggiunge un altro errore, che cresce verso i giorni estremi del mese, raggiungendo al massimo lo sfasamento di un'ora per entrambe le onde K_1 e P_1. Nei casi più sfavorevoli, tenendo conto delle due approssimazioni che ammettiamo, si ha un'errore di fase di 1 ora su P_1 e di ore 1½ su K_1.

L'onda O_1 presenta le difficoltà massime per una valutazione valida per ogni epoca. Abbiamo potuto risolvere la questione con questo procedimento: L'onda O_1 ha argomento astronomico legato a quello di M_2 dalla seguente relazione: al primo gennaio di ogni anno

$$\text{arg. di } O_1 = \text{arg. di } M_2 + 10^\circ \pm 14^\circ.$$

La differenza tra i due argomenti cresce poi di circa 30° ogni mese, da gennaio a dicembre. All'epoca media di ogni mese, ma in anni diversi, la O_1 presenta quindi argomenti che sono quasi uguali a quelli di M_2, aumentati di 10° e dell'incremento mensile sopra accennato; la differenza raggiunge al massimo 14°. Ammettendo di trascurare questa differenza, e ritenendo valido per tutto il mese l'argomento dell'epoca media, si accettano errori di fase che nei giorni estremi del mese e negli anni più sfavorevoli raggiungono al massimo quasi due ore.

§. 50 — Discuteremo (parag. 57) l'entità degli errori globali che dobbiamo ammettere per calcolare tavole generali delle correnti. Si vedrà anche la possibilità di eliminare quasi del tutto alcuni errori, che si rendono sensibili solo nei giorni iniziali e finali di ogni mese.

Ne mari ove il ritmo delle correnti di marea è tipicamente sinodico, come nel mare del Nord, la costruzione di tavole generali è semplice, perchè basta tenere conto di due soli armonici, M_2 e S_2. Così fece il Van der Stok nelle tavole delle correnti per le coste olandesi (XXIII). Nel caso nostro il lavoro è molto più complesso, data la necessità di tenere conto di più termini, aventi ognuno un proprio ciclo di variazioni. Abbiamo studiato e risolto la questione a proposito delle tavole di corrente proposte per lo stretto di Messina (XXIV); non abbiamo ora che da seguire un analogo procedimento.

In luogo di una sola tabella, proponiamo dodici tavole di corrente, valide ognuna per un dato mese dell'anno. Ogni tavola contiene quindici linee corrispondenti alle età di un mezzo mese sinodico lunare; per ogni giorno sono date le velocità di corrente di ora in ora.

L'uso delle tavole è molto semplice: *Si rileva l'età lunare della data che si considera* (*Tav.* I); *si sceglie la tavola del mese in cui cade la data* (*Tav.* II-XIII); *si legge la velocità all'incontro della orizzontale e della verticale che corrispondono rispettivamente all'età lunare e all'ora per cui si vuole conoscere la corrente.*

§. 51 — L'età lunare è data nelle effemeridi con cifre decimali. Nelle tavole sono considerate solo età intere. Con facile interpolazione fra le due età intere, che comprendono quella decimale, si trovano i valori orari corrispondenti a quest'ultima età.

L'età indicata col numero zero, nelle tavole, corrisponde al giorno in cui la luna transita in meridiano alle ore civili zero, alla longitudine di 45°. Le età date nelle effemeridi possono differire di qualche decimo da quelle adottate nelle tavole. Abbiamo perciò costruito una tabella che dà le frazioni di età lunare nei giorni zero della luna, per il venticinquennio 1925-50. Numerando da 0 a 14 i giorni successivi alle date ivi considerate, e mantenendo la stessa frazione del giorno zero, si hanno le età lunari di qualsiasi data senza ricorso alle effemeridi.

LA CORRENTE DI DERIVA

§. 52 — Le considerazioni sinora svolte si riferiscono alle correnti di marea, che costituiscono solo una parte, e non sempre quella prevalente, delle correnti effettive.

La corrente effettiva risulta dalla somma delle correnti di marea date nelle tavole, colla corrente di deriva. Nello stretto di Bab-el-Mandeb quest'ultimo scorrimento delle acque è in relazione all'andamento stagionale dei monsoni. Secondo i testi nautici (Cap. I) il flusso di deriva dovrebbe essere rivolto dall'Indiano verso l'interno del mar Rosso da ottobre ad aprile; e dal mar Rosso verso l'Indiano da giugno a settembre.

Durante la nostra crociera abbiamo potuto eseguire misurazioni a Bab-el-Mandeb solo nei mesi da dicembre ad aprile; ed abbiamo constatato effettivamente che in quest'epoca la corrente aerea è quasi costantemente diretta da SSE a NNW, e tale orientamento presenta pure la corrente marina superficiale (§. 37). La velocità della corrente di deriva non subì variazioni notevoli da dicembre a marzo, mantenendosi attorno al valore di circa 80 cm/sec. Le fluttuazioni nell'intensità del vento furono seguite da piccole fluttuazioni attorno a questo valore medio. Nei primi giorni dell'aprile 1924, essendosi calmato il vento, la corrente di deriva discese a valori fra 40 e 50 cm/sec. Il valore di 80 cm/sec per la corrente superficiale di deriva, risultante dalle nostre misure, è in pieno accordo con quello riscontrato dalla nave Gedge nel 1898 (§. 8) e con quello ammesso dal portolano inglese per l'epoca invernale.

§. 53 — Pur troppo non abbiamo dati sicuri sul comportamento della corrente di deriva durante la stagione estiva. Nell'Indiano spirano allora i monsoni da SW; a Bab-el-Mandeb i venti da NW (XI-XXIII). Il portolano inglese (§. 7) riferisce due osservazioni fatte nel 1917 da navi alla deriva, dalle quali parrebbe potersi desumere l'esistenza di una corrente stagionale estiva rivolta dal mar Rosso verso l'Indiano. Analoghe conclusioni vennero dedotte da alcune navi idrografiche italiane (§. 9). Osserviamo che la sensibilità grande che, in questa zona, presentano i flussi delle acque al regime dei venti, viene influenzata in alto grado, speciamente nella stagione estiva, dalle condizioni termiche delle acque e dall'evaporazione fortissima del mar Rosso, non compensata da afflussi fluviali, nè da precipitazioni. Per cui se il vento tende a creare una corrente superficiale verso sud, il livello decrescente del mar Rosso tende a richiamare una corrente dall'Indiano che probabilmente si stabilirà negli strati inferiori. Per trarre conclusioni sicure è necessario il possesso di serie appropriate di misurazioni. Nelle presenti tavole delle correnti, mentre possiamo precisare il valore stagionale della corrente di deriva per i mesi invernali, dobbiamo limitarci a indicare valori del tutto incerti per l'epoca estiva, in attesa che ricerche future, che abbiamo già proposto, consentano di colmare questa lacuna.

Lacuna grave, ove si pensi che negli strati superiori del mare la corrente progressiva è dello stesso ordine di grandezza di quella di marea; per cui *nella sovrapposizione dei due flussi, uno alterno e l'altro quasi costante per tutta una stagione, l'asse medio delle fluttuazioni viene fortemente spostato, così da lasciare, nei casi estremi, le curve di corrente tutte da una stessa parte, senza che avvengano quindi inversioni di moto*. Tale è il regime invernale in superficie (§. 39); la corrente, pure fluttuando, è normalmente entrante nel mar Rosso Non sappiamo se in estate possa verificarsi il fatto inverso, con spostamento della intera curva superficiale sotto l'asse di velocità nulla, e perciò con scorrimento costantemente rivolto verso l'Indiano, come parrebbe risultare dalle notizie nautiche.

§. 54 — Osserviamo ancora che la sensibilità, veramente tipica, che le acque di Bab-el-Mandeb presentano all'azione del vento, toglie quella conoscenza sicura e precisa dei momentanei valori della corrente di deriva, che sarebbe necessaria ai naviganti per valutazioni precise della velocità della corrente effettiva, in un momento qualunque. I piccoli errori, che si devono ammettere per la compilazione delle tavole generali delle correnti di marea (§. 49) sono molto minori di quelli che si commettono attribuendo alla corrente di deriva un valore medio stagionale o mensile, perchè ogni accelerazione positiva o negativa nell'intensità del vento, nel mare Arabico e nello stretto, trae di conseguenza variazioni nella velocità della corrente progressiva.

§. 55 — Preciseremo in seguito quale entità possano raggiungere, in pratica, gli errori globali derivanti dalle varie approssimazioni ammesse nella determinazione delle correnti di marea e di deriva.

TAVOLE DELLE CORRENTI

Tavola I. — Età della luna, espressa in decimi, pei giorni sizigiali del venticinquennio 1925—1950

Anno	Mese I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
1925	10	0.0	9	0.5	11	0.9	9	0.4	9	0.9	7	0.3	7	0.8	5	0.3	4	0.8	3	0.2	2	0.7	1	0.2
	25	.2	24	.7	25	.2	24	.6	23	.1	22	.6	21	.0	20	.5	18	.0	18	.5	17	.9	16	.4
																							31	.6
1926	15	.9	13	.3	15	.8	13	.3	13	.8	11	.2	11	.7	9	.2	8	.6	7	.1	6	.6	5	.0
	29	.1	28	.6	29	.0	28	.6	27	.0	26	.5	26	.9	24	.4	23	.9	22	.3	21	.8	20	.3
1927	4	.5	2	.0	4	.5	3	.9	2	.4	1	.9	15	.5	13	.0	12	.5	11	.0	10	.5	10	.9
	19	.8	17	.2	19	.7	17	.1	17	.6	15	.1	30	.8	28	.3	27	.8	26	.2	25	.7	24	.1
											30	.3												
1928	8	.4	7	.8	7	.3	6	.8	5	.3	4	.7	3	.2	2	.7	15	.3	15	.8	13	.3	13	.8
	23	.6	21	.0	22	.5	20	.0	20	.5	19	.9	18	.4	17	.9	30	.6	29	.0	28	.5	27	.0
															31	.1								
1929	11	.3	10	.7	11	.2	10	.7	9	.1	8	.6	7	.0	6	.5	4	.0	4	.5	2	.0	2	.4
	26	.5	24	.0	26	.4	25	.9	24	.4	23	.8	22	.3	21	.8	19	.3	19	.7	17	.2	17	.7
1930	1	.8	14	.5	1	.8	14	.5	13	.0	12	.4	12	.9	10	.3	9	.8	8	.3	7	.8	6	.3
	15	.0			15	.0	29	.7	28	.2	27	.7	26	.1	25	.6	23	.0	23	.5	21	.0	21	.5
	30	.3			30	.3																		
1931	5	.7	3	.2	5	.6	3	.1	3	.6	1	.0	1	.5	14	.2	13	.7	12	.2	11	.6	10	.1
	20	.9	18	.4	20	.9	18	.3	18	.8	16	.3	16	.8	29	.5	28	.9	27	.4	26	.9	25	.3
													30	.0										
1932	9	.5	7	.0	8	.5	7	.9	6	.4	5	.9	4	.3	3	.8	1	.3	1	.8	14	.5	14	.9
	24	.8	22	.2	23	.7	21	.1	21	.6	19	.1	19	.5	17	.0	16	.5	15	.0	29	.7	28	.1
																			30	.2				
1933	12	.3	11	.8	12	.3	11	.8	10	.2	9	.7	8	.2	7	.6	5	.1	5	.6	3	.0	3	.5
	27	.6	25	.0	27	.5	25	.0	25	.5	24	.9	23	.4	22	.9	20	.3	20	.8	18	.3	18	.8
1934	1	.0	15	.7	2	.9	15	.6	14	.1	13	.5	12	.0	11	.5	9	.0	9	.4	8	.9	7	.4
	16	.2			16	.1	30	.8	29	.3	28	.8	27	.3	26	.7	24	.2	24	.7	22	.1	22	.6
	31	.4			31	.4																		
1935	6	.8	4	.3	6	.8	4	.2	4	.7	2	.2	2	.6	15	.4	14	.8	13	.3	12	.8	11	.2
	20	.0	19	.5	20	.0	19	.5	18	.0	17	.4	17	.9	30	.6	28	.0	28	.5	26	.0	26	.5
													31	.1										
1936	10	.7	8	.1	9	.6	7	.1	7	.5	5	.0	5	.5	3	.0	2	.4	2	.9	15	.6	14	.1
	25	.9	23	.4	24	.0	22	.3	22	.8	20	.3	20	.8	18	.2	17	.7	16	.1	30	.9	29	.3
																			31	.4				
1937	13	.5	11	.0	13	.5	11	.0	11	.4	10	.9	9	.3	8	.8	6	.3	6	.8	4	.2	4	.7
	28	.8	26	.2	28	.7	26	.2	26	.6	24	.1	24	.6	22	.0	21	.5	20	.0	19	.5	18	.0
1938	2	.2	1	.7	2	.1	1	.6	15	.3	14	.8	13	.3	12	.7	10	.2	10	.7	8	.1	8	.6
	17	.4	16	.9	17	.4	16	.8	30	.5	28	.0	28	.5	26	.0	25	.4	25	.9	23	.4	23	.8
							30	.0																
1939	6	.0	5	.5	6	.0	5	.5	5	.9	3	.4	3	.9	1	.3	14	.0	14	.5	12	.0	12	.5
	21	.3	20	.8	21	.2	20	.7	19	.2	18	.6	17	.1	16	.6	29	.3	29	.8	27	.2	27	.7
1940	10	.0	9	.4	10	.9	8	.3	8	.8	6	.3	6	.8	4	.2	3	.7	2	.2	1	.7	15	.3
	25	.2	24	.7	24	.1	23	.6	22	.0	21	.5	20	.0	19	.5	17	.0	17	.4	16	.9	30	.6
																					30	.1		
1941	14	.9	12	.3	14	.8	12	.3	12	.8	10	.2	10	.7	8	.1	7	.6	6	.1	5	.6	4	.0
	28	.1	27	.6	28	.0	27	.5	26	.0	25	.5	25	.9	23	.4	22	.9	21	.4	20	.8	19	.3
1942	3	.5	1	.0	3	.5	1	.0	1	.4	14	.1	14	.6	12	.0	11	.5	10	.0	9	.5	8	.0
	18	.8	16	.3	18	.7	16	.2	16	.7	29	.3	29	.8	27	.3	26	.8	25	.3	24	.7	23	.2
									31	.9														
1943	7	.4	6	.9	7	.4	6	.8	5	.3	4	.8	3	.3	2	.7	15	.4	15	.9	13	.4	13	.8
	22	.7	20	.1	22	.6	20	.1	20	.5	18	.0	18	.5	16	.0	30	.7	29	.1	28	.6	27	.1
															31	.2								
1944	11	.3	10	.8	10	.2	9	.7	8	.2	7	.6	6	.1	5	.6	3	.0	3	.5	1	.0	1	.5
	26	.5	24	.0	25	.5	24	.9	23	.4	22	.9	21	.3	20	.8	18	.3	18	.8	16	.2	16	.7
																							31	.9
1945	14	.2	13	.6	14	.1	13	.6	12	.0	11	.5	10	.0	9	.5	8	.9	7	.4	6	.9	5	.3
	29	.4	28	.9	29	.3	28	.8	27	.3	26	.8	25	.2	24	.7	22	.2	22	.6	20	.1	20	.6
1946	4	.8	2	.3	4	.8	2	.3	2	.7	15	.4	15	.9	13	.3	12	.8	11	.4	10	.8	9	.3
	18	.0	17	.5	18	.0	17	.5	16	.0	30	.7	29	.1	28	.6	26	.0	26	.5	24	.0	24	.5
									31	.2														
1947	8	.7	6	.2	8	.6	6	.1	6	.6	4	.0	4	.5	2	.0	1	.5	1	.9	14	.6	13	.1
	23	.9	21	.4	23	.9	21	.3	21	.8	19	.3	19	.7	17	.2	16	.7	15	.2	29	.9	28	.3
																			30	.4				
1948	12	.5	10	.0	11	.5	9	.0	9	.4	8	.9	7	.4	6	.8	4	.3	4	.8	2	.3	2	.7
	27	.8	25	.3	26	.7	24	.2	24	.7	22	.1	22	.6	20	.1	19	.5	18	.0	17	.5	16	.0
																							31	.2
1949	15	.4	14	.9	15	.3	14	.8	13	.3	12	.8	11	.2	10	.7	8	.1	8	.6	6	.1	6	6
	30	.6	28	.1	30	.6	28	.0	28	.5	26	.0	26	.4	25	.9	23	.4	23	.9	21	.3	21	.8
1950	4	.0	3	.5	5	.9	3	.4	3	.9	1	.3	1	.8	14	.5	12	.0	12	.5	11	.9	10	.4
	19	.2	18	.7	19	.2	18	.6	17	.1	16	.5	15	.0	29	.7	27	.2	27	.7	25	.1	25	.6
													30	.3										

Tav. II. — GENNAIO

VELOCITA' DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$)

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva, che in questo mese è di circa + 80 cm/sec.

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	— 1	— 12	— 22	— 29	— 29	— 17	3	31	58	78	87	83	64	35	1	— 32	— 56	— 69	— 68	— 57	— 38	— 17	2	11
1	10	1	— 11	— 23	— 31	— 27	— 13	9	35	59	76	80	71	47	18	— 16	— 43	— 63	— 68	— 61	— 44	— 23	— 1	14
2	19	15	5	— 10	— 23	— 29	— 24	— 10	12	35	57	68	68	54	30	— 1	— 29	— 52	— 63	— 62	— 50	— 30	— 7	13
3	25	26	20	7	— 10	— 22	— 25	— 20	— 5	14	34	50	56	51	35	11	— 16	— 39	— 57	— 60	— 54	— 38	— 14	9
4	24	33	33	24	8	— 7	— 17	— 21	— 16	— 5	12	28	39	40	33	16	— 5	— 28	— 45	— 54	— 54	— 43	— 24	1
5	20	35	43	39	28	15	— 2	— 13	— 17	— 15	— 5	7	17	23	23	14	0	— 18	— 35	— 47	— 52	— 46	— 30	— 10
6	12	31	45	50	45	33	18	3	— 8	— 15	— 15	— 10	— 2	4	8	6	— 1	— 13	— 27	— 39	— 47	— 47	— 36	— 19
7	— 1	21	41	54	57	53	41	26	9	— 5	— 15	— 19	— 18	— 14	— 9	— 8	— 9	— 14	— 21	— 31	— 40	— 43	— 40	— 28
8	— 13	8	30	50	60	65	60	48	31	11	— 6	— 19	— 26	— 29	— 26	— 23	— 18	— 18	— 20	— 25	— 32	— 38	— 39	— 33
9	— 23	— 6	16	38	56	68	72	67	54	33	12	— 10	— 26	— 36	— 39	— 38	— 32	— 26	— 22	— 21	— 26	— 31	— 34	— 34
10	— 30	— 19	— 2	22	44	64	77	81	73	57	34	7	— 17	— 36	— 47	— 50	— 46	— 38	— 28	— 22	— 21	— 23	— 27	— 31
11	— 34	— 30	— 16	3	26	51	72	85	86	75	56	28	— 1	— 29	— 47	— 57	— 55	— 48	— 36	— 25	— 19	— 16	— 18	— 24
12	— 30	— 33	— 28	— 14	6	31	57	78	90	89	74	49	18	— 14	— 39	— 58	— 63	— 59	— 51	— 31	— 18	— 11	— 8	— 13
13	— 23	— 32	— 33	— 28	— 13	10	37	64	84	91	86	67	38	5	— 27	— 52	— 64	— 65	— 54	— 38	— 21	— 9	— 1	— 3
14	— 12	— 23	— 31	— 33	— 27	— 10	15	44	69	85	89	77	55	22	— 11	— 41	— 59	— 67	— 60	— 46	— 27	— 10	4	8

Tav. III. — FEBBRAIO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: (+ *80 cm/sec*).

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	14	— 2	— 18	— 31	— 35	— 29	— 12	11	36	55	66	64	47	22	— 6	— 31	— 51	— 59	— 53	— 37	— 15	7	23	33
1	28	16	— 3	— 21	— 34	— 36	— 28	— 10	13	35	52	59	51	31	6	— 19	— 41	— 55	— 55	— 43	— 21	2	22	39
2	41	33	17	— 4	— 22	— 34	— 35	— 26	— 9	12	32	44	45	34	15	— 8	— 31	— 49	— 53	— 48	— 30	— 7	15	37
3	48	46	35	15	— 5	— 23	— 32	— 33	— 23	— 7	11	27	33	29	18	1	— 20	— 40	— 50	— 49	— 37	— 18	5	32
4	47	55	50	37	16	— 4	— 20	— 29	— 30	— 23	— 8	7	17	19	15	4	— 13	— 32	— 43	— 48	— 41	— 27	— 7	21
5	41	55	60	53	38	18	— 2	— 16	— 27	— 29	— 21	— 11	— 2	4	6	1	— 10	— 24	— 36	— 44	— 45	— 34	— 18	7
6	30	49	60	63	55	40	20	1	— 15	— 25	— 27	— 23	— 18	— 12	— 6	— 4	— 9	— 20	— 29	— 38	— 41	— 38	— 28	— 7
7	13	35	53	63	65	58	41	25	5	— 13	— 23	— 29	— 29	— 26	— 20	— 15	— 14	— 18	— 23	— 30	— 34	— 36	— 34	— 20
8	— 3	17	38	56	65	68	61	46	27	5	— 12	— 25	— 34	— 38	— 33	— 26	— 21	— 19	— 19	— 23	— 27	— 32	— 35	— 28
9	— 16	1	20	42	57	68	70	63	49	27	6	— 14	— 32	— 41	— 43	— 37	— 30	— 23	— 18	— 16	— 18	— 24	— 31	— 28
10	— 25	— 16	— 1	20	41	59	71	74	65	48	27	2	— 22	— 39	— 47	— 46	— 40	— 31	— 19	— 13	— 10	— 13	— 21	— 25
11	— 29	— 27	— 17	— 1	20	43	62	74	75	64	46	20	— 5	— 32	— 47	— 51	— 47	— 38	— 24	— 12	— 4	— 3	— 9	— 15
12	— 23	— 30	— 29	— 20	— 4	20	46	63	74	73	61	39	9	— 19	— 40	— 52	— 54	— 47	— 31	— 15	0	7	5	0
13	— 13	— 25	— 32	— 32	— 21	— 2	21	47	65	72	68	53	26	— 3	— 30	— 47	— 55	— 53	— 38	— 20	0	12	16	14
14	3	— 13	— 27	— 35	— 34	— 21	— 1	25	47	62	68	59	39	10	— 17	— 40	— 53	— 57	— 45	— 27	— 4	13	20	28

TAV. IV. — MARZO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: da + 80 cm/sec, con vento forte da SE, a + 50 cm/sec se cessa il vento.

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	31	10	— 13	— 32	— 44	— 45	— 34	— 14	8	27	37	39	28	10	— 12	— 32	— 44	— 44	— 32	— 13	11	36	53	59
1	48	30	6	— 18	— 38	— 49	— 46	— 32	— 13	8	23	32	30	16	— 3	— 24	— 39	— 45	— 38	— 22	1	29	51	65
2	62	50	29	3	— 23	— 42	— 49	— 45	— 32	— 13	5	19	24	18	3	— 15	— 33	— 42	— 41	— 31	— 11	17	42	62
3	69	64	49	25	— 2	— 28	— 42	— 48	— 42	— 29	— 13	4	13	14	6	— 8	— 25	— 37	— 41	— 37	— 22	2	29	53
4	66	70	63	46	21	— 7	— 27	— 41	— 45	— 40	— 28	— 13	0	5	4	— 4	— 18	— 30	— 37	— 38	— 30	— 11	12	39
5	56	68	70	61	42	17	— 7	— 26	— 39	— 42	— 37	— 26	— 15	— 6	— 2	— 5	— 12	— 22	— 30	— 36	— 34	— 21	— 3	20
6	40	58	68	68	57	37	15	— 7	— 25	— 36	— 40	— 35	— 27	— 18	— 11	— 8	— 10	— 16	— 23	— 30	— 33	— 27	— 15	4
7	20	40	56	65	64	53	36	17	— 5	— 22	— 34	— 38	— 35	— 28	— 20	— 14	— 11	— 11	— 13	— 20	— 26	— 26	— 22	— 11
8	1	19	38	53	60	59	51	35	16	— 5	— 23	— 33	— 37	— 37	— 30	— 22	— 13	— 8	— 6	— 9	— 16	— 20	— 23	— 19
9	— 14	0	16	34	48	55	56	49	34	14	— 6	— 23	— 35	— 39	— 37	— 29	— 19	— 8	— 1	1	— 4	— 8	— 16	— 20
10	— 22	— 17	— 6	12	29	43	53	55	46	32	11	— 8	— 26	— 37	— 41	— 37	— 27	— 13	1	8	9	7	— 3	— 12
11	— 23	— 27	— 22	— 11	6	23	41	51	52	43	27	7	— 14	— 32	— 42	— 42	— 32	— 18	— 1	12	19	21	13	1
12	— 15	— 27	— 32	— 28	— 16	0	21	38	48	49	38	21	— 1	— 22	— 37	— 45	— 40	— 27	— 7	11	26	34	31	20
13	0	— 19	— 32	— 38	— 33	— 22	— 3	20	37	45	42	31	11	— 11	— 31	— 43	— 45	— 35	— 15	7	26	41	45	38
14	19	— 2	— 23	— 37	— 43	— 38	— 23	— 1	19	34	39	35	21	— 1	— 23	— 40	— 46	— 41	— 24	— 2	22	43	55	55

Tav. V. — APRILE

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: + 50 cm/sec all'inizio del mese; valori decrescenti verso zero in seguito.

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	50	22	— 8	— 35	— 53	— 60	— 54	— 39	— 20	— 1	12	17	9	— 4	— 18	— 31	— 36	— 32	— 16	11	38	62	79	80
1	68	44	13	— 18	— 44	— 60	— 62	— 54	— 38	— 17	0	11	11	2	— 11	— 25	— 34	— 35	— 26	— 2	25	52	74	84
2	81	64	37	5	— 26	— 50	— 61	— 62	— 52	— 34	— 15	1	7	5	— 5	— 18	— 29	— 36	— 32	— 15	8	35	61	78
3	84	76	56	28	— 3	— 34	— 51	— 62	— 59	— 45	— 29	— 11	1	3	1	— 10	— 23	— 33	— 34	— 24	— 6	17	43	65
4	78	80	68	47	18	— 12	— 35	— 52	— 58	— 53	— 40	— 24	— 10	— 2	1	— 4	— 14	— 25	— 31	— 26	— 16	1	24	47
5	64	73	72	58	38	10	— 15	— 37	— 50	— 53	— 36	— 34	— 21	— 9	— 1	— 1	— 5	— 15	— 23	— 24	— 22	— 12	6	25
6	45	59	65	61	49	28	5	— 19	— 37	— 46	— 47	— 39	— 30	— 17	— 6	1	1	— 5	— 13	— 16	— 19	— 17	— 7	7
7	22	38	50	54	52	40	23	2	— 19	— 33	— 41	— 41	— 36	— 25	— 12	— 2	5	4	0	— 3	— 10	— 14	— 14	— 8
8	2	15	29	40	44	42	33	17	— 1	— 18	— 32	— 37	— 38	— 33	— 20	— 7	5	11	12	12	4	— 5	— 12	— 14
9	— 13	— 5	6	18	30	35	35	26	13	— 3	— 18	— 30	— 37	— 35	— 27	— 18	1	13	18	26	20	11	— 1	— 11
10	— 18	— 20	— 16	— 5	9	20	28	29	21	11	— 5	— 19	— 32	— 36	— 32	— 21	— 5	10	25	37	37	30	16	0
11	— 16	— 26	— 30	— 26	— 15	— 1	14	23	24	19	7	— 8	— 24	— 34	— 36	— 29	— 13	6	25	43	49	47	36	17
12	— 3	— 22	— 36	— 40	— 34	— 22	— 5	9	18	21	15	2	— 15	— 29	— 36	— 35	— 23	— 6	16	41	57	62	56	39
13	16	— 10	— 32	— 46	— 48	— 41	— 26	— 8	6	16	17	10	— 6	— 21	— 34	— 37	— 31	— 17	6	35	57	70	72	59
14	37	9	— 19	— 41	— 53	— 54	— 44	— 27	— 9	5	14	12	2	— 14	— 28	— 38	— 37	— 28	— 7	23	49	59	80	75

Tav. VI. — MAGGIO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva, che in questo mese è assai debole.

Valori positivi indicano corrente montante; negativi corrente scendente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	52	29	— 5	— 37	— 61	— 72	— 70	— 55	— 37	— 19	— 6	2	— 3	— 11	— 22	— 30	— 32	— 20	— 1	25	54	78	93	93
1	69	47	17	— 18	— 48	— 69	— 74	— 66	— 50	— 32	— 14	— 1	3	— 4	— 14	— 25	— 32	— 28	— 14	8	36	65	85	94
2	89	69	40	5	— 29	— 57	— 71	— 71	— 61	— 45	— 25	— 8	0	1	— 6	— 17	— 28	— 29	— 22	— 7	16	43	68	84
3	89	78	57	25	— 8	— 40	— 60	— 69	— 65	— 53	— 35	— 15	— 3	3	1	— 6	— 18	— 24	— 25	— 17	0	22	47	68
4	78	77	65	42	11	— 20	— 44	— 59	— 63	— 59	— 44	— 25	— 9	3	7	3	— 6	— 14	— 20	— 19	— 11	4	25	46
5	61	67	64	49	27	— 2	— 27	— 45	— 56	— 58	— 48	— 32	— 16	— 1	8	8	4	0	— 8	— 14	— 14	— 7	7	23
6	40	50	54	49	34	13	— 10	— 30	— 44	— 52	— 49	— 37	— 23	— 7	7	15	16	14	3	— 3	— 9	— 10	— 5	5
7	15	26	36	38	33	20	3	— 13	— 30	— 42	— 46	— 40	— 30	— 13	3	16	23	27	23	15	4	— 4	— 9	— 8
8	— 4	4	14	22	23	19	10	— 2	— 16	— 31	— 39	— 39	— 34	— 22	— 5	11	25	36	38	33	22	9	— 3	— 11
9	— 15	— 13	— 8	0	7	10	9	4	— 6	— 20	— 30	— 35	— 36	— 28	— 14	4	22	40	48	50	42	29	12	— 4
10	— 17	— 26	— 26	— 21	— 13	— 5	1	4	0	— 9	— 20	— 29	— 35	— 32	— 22	— 7	13	36	53	62	60	50	32	11
11	— 11	— 28	— 37	— 39	— 33	— 24	— 12	— 2	1	— 4	— 12	— 21	— 31	— 34	— 30	— 17	2	27	50	67	73	69	54	31
12	5	— 21	— 39	— 49	— 52	— 43	— 29	— 11	— 5	2	6	— 13	— 25	— 32	— 33	— 28	— 10	14	30	63	80	84	75	55
13	27	— 5	— 31	— 51	— 59	— 58	— 46	— 29	— 14	— 6	— 3	— 6	— 18	— 28	— 34	— 34	— 24	— 2	26	54	77	89	90	75
14	50	16	— 16	— 43	— 61	— 67	— 61	— 46	— 27	— 13	— 4	— 3	— 10	— 21	— 31	— 37	— 33	— 16	9	38	66	86	96	90

Tav. VII. — GIUGNO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma della velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: circa — 30 cm/sec (valore stimato).

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	66	31	— 4	— 38	— 64	— 75	— 74	— 61	— 43	— 23	— 9	— 1	— 4	— 12	— 23	— 27	— 28	— 18	2	28	56	80	94	95
1	79	50	16	— 20	— 51	— 70	— 76	— 69	— 53	— 32	— 13	0	3	2	— 13	— 21	— 28	— 26	— 17	9	36	62	82	91
2	86	65	36	0	— 34	— 59	— 72	— 72	— 61	— 42	— 20	— 3	7	7	— 2	— 10	— 21	— 25	— 20	— 7	15	39	62	78
3	81	69	49	18	— 15	— 44	— 52	— 70	— 64	— 48	— 28	— 7	7	13	9	4	— 9	— 18	— 21	— 16	— 2	17	39	58
4	68	65	53	30	1	— 27	— 49	— 62	— 63	— 53	— 35	— 15	4	16	19	18	7	— 5	— 13	— 15	— 11	0	16	35
5	48	52	49	33	12	— 13	— 35	— 51	— 58	— 54	— 40	— 21	— 2	15	23	28	23	16	3	— 7	— 11	— 9	0	13
6	26	33	37	30	16	— 3	— 22	— 40	— 50	— 52	— 44	— 28	— 10	9	23	36	37	31	21	8	— 2	— 9	— 8	— 3
7	4	11	18	18	13	2	— 12	— 27	— 40	— 45	— 44	— 35	— 19	1	19	37	45	46	41	29	15	2	— 9	— 12
8	— 12	— 9	— 3	1	2	2	— 8	— 20	— 30	— 39	— 42	— 37	— 27	— 10	9	32	48	56	58	51	36	19	2	— 10
9	— 20	— 24	— 22	— 18	— 13	— 10	— 10	— 15	— 22	— 31	— 36	— 37	— 32	— 19	— 3	22	42	59	68	68	58	41	20	0
10	— 18	— 32	— 37	— 36	— 31	— 24	— 18	— 15	— 18	— 23	— 29	— 34	— 35	— 28	— 16	7	30	53	71	80	77	63	42	18
11	— 8	— 30	— 43	— 49	— 47	— 39	— 28	— 20	— 16	— 18	— 22	— 29	— 33	— 33	— 27	— 8	15	41	65	82	88	82	66	40
12	10	— 20	— 42	— 56	— 59	— 54	— 42	— 29	— 19	— 14	— 15	— 21	— 29	— 34	— 34	— 18	— 3	22	51	75	91	94	85	63
13	32	— 3	— 32	— 55	— 66	— 65	— 55	— 39	— 25	— 14	— 11	— 13	— 28	— 30	— 34	— 30	— 18	4	33	61	85	96	95	80
14	54	18	— 16	— 45	— 64	— 71	— 65	— 50	— 33	— 18	— 8	— 7	— 12	— 22	— 33	— 34	— 27	— 14	13	41	69	88	96	92

Tav. VIII. — LUGLIO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''; \lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma della velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: circa — 50 cm/sec (valore stimato).

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	59	26	— 8	— 39	— 61	— 71	— 67	— 53	— 34	— 14	1	11	4	— 5	— 17	— 26	— 30	— 23	— 6	19	46	69	82	83
1	68	43	9	— 23	— 49	— 67	— 69	— 59	— 41	— 19	0	14	15	9	— 4	— 16	— 27	— 29	— 20	— 1	24	49	67	75
2	71	53	25	— 6	— 35	— 57	— 66	— 62	— 48	— 27	— 5	14	22	22	12	— 1	— 17	— 26	— 25	— 16	2	24	45	59
3	63	54	34	7	— 20	— 45	— 59	— 61	— 53	— 34	— 14	12	32	31	27	17	0	— 15	— 23	— 22	— 12	4	22	39
4	48	47	35	16	— 8	— 33	— 49	— 57	— 54	— 41	— 20	4	23	36	39	34	19	2	— 11	— 18	— 18	— 11	2	17
5	28	33	29	17	0	— 23	— 40	— 51	— 53	— 45	— 27	— 5	17	35	45	46	38	24	9	— 5	— 14	— 16	— 12	— 2
6	8	15	17	12	1	— 15	— 30	— 43	— 50	— 47	— 35	— 14	6	28	44	54	53	43	29	13	— 1	— 11	— 16	— 15
7	— 11	— 5	— 1	0	— 3	— 13	— 23	— 34	— 43	— 45	— 39	— 25	— 6	16	37	54	61	60	51	37	20	3	— 12	— 20
8	— 23	— 22	— 18	— 14	— 12	— 15	— 20	— 28	— 35	— 41	— 40	— 31	— 18	1	24	45	60	68	68	59	42	22	1	— 15
9	— 27	— 32	— 34	— 30	— 24	— 22	— 20	— 23	— 28	— 35	— 38	— 34	— 28	— 12	7	32	52	68	76	75	62	45	20	— 2
10	— 22	— 37	— 44	— 44	— 38	— 32	— 25	— 21	— 23	— 27	— 32	— 33	— 33	— 24	— 9	12	36	58	76	84	81	67	43	17
11	— 10	— 32	— 48	— 53	— 50	— 43	— 32	— 23	— 18	— 19	— 24	— 28	— 33	— 31	— 23	— 5	17	42	66	83	89	82	64	44
12	8	— 21	— 44	— 58	— 60	— 55	— 41	— 28	— 18	— 13	— 14	— 19	— 28	— 32	— 31	— 22	— 3	21	48	71	88	91	80	59
13	29	— 4	— 33	— 54	— 63	— 62	— 51	— 34	— 20	— 9	— 6	— 7	— 18	— 27	— 33	— 30	— 20	— 1	26	54	77	89	87	73
14	48	15	— 19	— 45	— 61	— 66	— 59	— 42	— 25	— 9	1	3	— 5	— 16	— 27	— 33	— 31	— 19	4	32	59	78	86	80

Tav. IX. — AGOSTO

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$)

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva: circa — 50 cm/sec (valore stimato).

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	44	16	— 12	— 37	— 55	— 59	— 50	— 33	— 12	9	22	28	21	8	— 10	— 27	— 35	— 33	— 21	— 1	23	45	61	61
1	50	28	1	— 25	— 46	— 58	— 54	— 40	— 19	5	24	35	35	25	8	— 13	— 29	— 37	— 33	— 19	1	24	44	51
2	49	35	13	— 12	— 36	— 52	— 55	— 46	— 27	— 4	20	38	45	42	27	6	— 15	— 29	— 35	— 30	— 18	1	23	35
3	40	34	19	— 1	— 25	— 45	— 52	— 49	— 35	— 13	11	35	49	53	44	27	4	— 14	— 28	— 33	— 29	— 16	3	16
4	25	25	18	3	— 16	— 36	— 46	— 49	— 40	— 23	0	25	45	57	57	46	27	6	— 13	— 24	— 31	— 27	— 15	— 3
5	7	13	12	3	— 10	— 28	— 40	— 48	— 43	— 31	— 11	13	36	54	62	59	48	30	10	8	— 21	— 28	— 24	— 19
6	— 10	— 3	2	— 1	— 9	— 22	— 32	— 41	— 43	— 37	— 23	— 1	22	44	58	64	61	50	31	12	— 7	— 20	— 24	— 27
7	— 25	— 19	— 13	— 9	— 11	— 18	— 25	— 33	— 39	— 37	— 31	— 15	5	28	48	61	66	64	53	36	14	— 4	— 18	— 28
8	— 33	— 31	— 26	— 20	— 17	— 18	— 21	— 26	— 31	— 35	— 34	— 25	— 10	10	31	48	63	69	67	55	37	16	— 3	— 20
9	— 34	— 39	— 38	— 32	— 25	— 22	— 18	— 19	— 23	— 29	— 32	— 30	— 22	— 7	11	31	50	65	72	70	56	38	17	— 8
10	— 28	— 40	— 45	— 42	— 35	— 27	— 19	— 14	— 15	— 18	— 25	— 28	— 28	— 21	— 9	8	30	51	67	75	70	57	37	11
11	— 15	— 35	— 47	— 49	— 44	— 35	— 22	— 12	— 7	— 8	— 14	— 20	— 27	— 28	— 23	— 11	9	32	54	70	74	69	55	29
12	1	— 24	— 43	— 52	— 50	— 44	— 28	— 13	— 2	3	1	— 9	— 19	— 27	— 30	— 28	— 13	9	33	55	70	73	67	46
13	19	— 11	— 34	— 50	— 55	— 50	— 35	— 17	— 1	10	12	7	— 6	— 19	— 30	— 35	— 29	— 13	10	36	56	68	70	56
14	33	5	— 23	— 43	— 44	— 55	— 43	— 23	— 3	14	22	21	11	— 4	— 21	— 34	— 37	— 29	— 11	13	36	55	68	60

Tav. X. — SETTEMBRE

VELOCITÀ (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva, circa — 30 cm/sec (valore stimato).

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	27	4	— 17	— 36	— 46	— 43	— 30	— 8	16	37	51	53	40	20	— 4	— 26	— 42	— 48	— 42	— 25	— 3	16	31	29
1	30	14	— 8	— 28	— 42	— 45	— 36	— 18	7	32	53	62	56	40	17	— 8	— 31	— 47	— 50	— 40	— 21	— 3	15	25
2	28	18	1	— 19	— 35	— 44	— 41	— 27	— 4	21	47	63	66	58	39	14	— 13	— 36	— 47	— 47	— 37	— 23	— 4	10
3	19	16	5	— 11	— 28	— 40	— 42	— 34	— 16	9	35	58	69	68	56	36	9	— 17	— 37	— 45	— 44	— 36	— 21	5
4	6	10	5	— 6	— 21	— 43	— 39	— 37	— 25	— 6	20	45	62	70	68	54	32	4	— 19	— 34	— 42	— 41	— 34	— 21
5	— 8	0	2	5	— 14	— 27	— 35	— 38	— 31	— 18	5	28	49	64	70	65	50	28	4	— 16	— 32	— 41	— 39	— 32
6	— 21	— 12	— 6	— 6	— 11	— 19	— 27	— 33	— 33	— 26	— 10	11	31	50	63	68	62	46	25	4	— 15	— 31	— 37	— 38
7	— 32	— 24	— 16	— 11	— 10	— 13	— 18	— 25	— 29	— 28	— 20	— 6	11	30	48	60	63	57	43	26	6	— 14	— 30	— 37
8	— 37	— 33	— 26	— 17	— 12	— 9	— 11	— 15	— 20	— 25	— 23	— 17	— 7	9	28	44	55	58	54	43	26	4	— 15	— 29
9	— 36	— 38	— 34	— 26	— 16	— 9	— 4	— 5	— 8	— 16	— 20	— 21	— 19	— 9	5	23	39	50	55	53	42	22	2	— 16
10	— 30	— 39	— 40	— 34	— 23	— 11	— 1	5	4	— 2	— 9	— 18	— 24	— 23	— 15	— 1	17	33	47	54	51	37	19	— 2
11	— 21	— 35	— 42	— 39	— 30	— 15	— 1	9	16	13	5	— 7	— 20	— 28	— 28	— 20	— 6	12	31	46	51	45	32	13
12	— 7	— 27	— 40	— 44	— 38	— 24	— 5	12	24	27	22	9	— 9	— 24	— 33	— 35	— 26	— 11	9	29	44	46	41	26
13	6	— 17	— 34	— 44	— 43	— 30	— 11	10	27	37	38	29	9	— 11	— 29	— 39	— 39	— 31	— 13	9	30	39	41	32
14	17	— 6	— 27	— 41	— 45	— 38	— 21	3	25	42	51	45	29	7	— 15	— 34	— 44	— 45	— 32	— 12	10	25	35	33

Tav. XI. — OTTOBRE

VELOCITA' (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$)

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva, che in questo mese comincia a scorrere verso NW, con rapido incremento nel corso del mese.

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	8	— 8	— 22	— 33	— 37	— 28	— 10	17	44	65	76	75	59	34	2	— 27	— 50	— 60	— 58	— 42	— 30	— 10	5	14
1	10	0	— 15	— 28	— 36	— 34	— 20	4	32	57	76	83	75	54	25	— 7	— 36	— 56	— 62	— 60	— 45	— 26	— 8	6
2	9	4	— 7	— 21	— 32	— 36	— 29	— 10	16	42	67	81	83	71	47	16	— 17	— 42	— 56	— 63	— 56	— 41	— 23	— 6
3	4	4	— 2	— 14	— 27	— 34	— 33	— 20	1	25	51	73	83	79	63	38	7	— 21	— 44	— 58	— 60	— 51	— 35	— 17
4	— 6	0	0	— 7	— 18	— 28	— 31	— 26	— 12	7	32	56	72	78	71	54	28	— 1	— 25	— 46	— 56	— 55	— 46	— 29
5	— 16	— 5	0	— 2	— 10	— 20	— 27	— 27	— 20	— 7	14	36	55	67	69	61	43	21	— 3	— 28	— 44	— 50	— 48	— 37
6	— 25	— 13	— 3	1	— 3	— 10	— 17	— 21	— 21	— 16	— 3	15	34	49	58	59	51	35	15	— 10	— 29	— 41	— 45	— 41
7	— 34	— 22	— 10	0	2	0	— 5	— 10	— 15	— 17	— 13	— 3	12	27	40	48	47	42	30	9	— 10	— 26	— 38	— 40
8	— 38	— 29	— 17	— 4	2	7	7	3	— 3	— 12	— 14	— 13	— 6	5	18	29	37	39	36	22	6	— 11	— 26	— 34
9	— 37	— 33	— 24	— 10	2	11	17	18	13	1	— 8	— 14	— 17	— 13	— 5	7	19	29	34	28	18	3	— 13	— 25
10	— 34	— 36	— 30	— 17	— 3	12	24	39	29	19	7	— 7	— 18	— 24	— 24	— 16	— 5	10	23	25	23	14	0	— 14
11	— 28	— 36	— 34	— 24	— 9	9	26	40	44	37	25	8	— 10	— 26	— 34	— 33	— 25	— 12	5	15	21	19	10	— 3
12	— 19	— 32	— 36	— 32	— 20	— 2	21	41	52	55	45	28	5	— 17	— 34	— 45	— 43	— 32	— 14	— 1	13	18	16	7
13	— 10	— 26	— 34	— 36	— 28	— 11	12	38	58	66	63	50	26	— 1	— 26	— 45	— 53	— 49	— 34	— 19	— 1	10	14	11
14	— 1	— 17	— 31	— 37	— 35	— 22	0	29	51	70	76	68	48	20	— 10	— 36	— 53	— 58	— 49	— 37	— 17	— 1	10	13

TAV. XII. — NOVEMBRE

VELOCITA' DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$)

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, colla corrente di deriva, che in questo mese raggiunge: + 70 *cm/sec.*

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	— 4	— 15	— 25	— 31	— 29	— 16	6	33	61	83	96	92	81	41	6	— 28	— 54	— 72	— 73	— 63	— 46	— 26	— 9	1
1	— 1	— 7	— 19	— 28	— 32	— 25	— 7	16	44	72	92	97	85	60	28	— 7	— 38	— 64	— 74	— 70	— 56	— 37	— 19	— 4
2	1	— 1	— 10	— 21	— 29	— 29	— 19	— 1	25	53	79	92	90	75	48	15	— 18	— 49	— 66	— 71	— 64	— 49	— 30	— 12
3	— 1	2	— 3	— 11	— 22	— 28	— 24	— 13	7	33	59	79	85	79	61	34	2	— 30	— 53	— 65	— 66	— 56	— 39	— 20
4	— 6	3	3	— 2	— 11	— 20	— 22	— 19	— 7	13	38	59	71	73	65	47	20	— 12	— 36	— 53	— 61	— 58	— 47	— 28
5	— 13	1	8	7	1	— 8	— 15	— 19	— 14	— 2	18	36	50	59	60	50	32	6	— 18	— 38	— 52	— 53	— 49	— 35
6	— 20	— 4	6	13	12	5	— 2	— 10	— 13	— 10	1	15	27	39	45	45	36	16	— 3	— 23	— 39	— 48	— 47	— 39
7	— 27	— 10	4	16	21	20	15	5	— 4	— 8	— 6	— 2	6	15	25	30	29	19	7	— 9	— 24	— 34	— 43	— 40
8	— 32	— 18	— 2	14	25	31	30	22	12	1	— 5	— 9	— 10	— 6	3	11	17	14	10	1	— 12	— 25	— 35	— 37
9	— 35	— 25	— 10	8	25	36	43	40	32	18	6	— 7	— 18	— 20	— 18	— 10	— 2	2	6	4	— 4	— 15	— 26	— 32
10	— 35	— 30	— 20	— 1	19	37	51	56	50	39	24	5	— 15	— 28	— 34	— 31	— 23	— 16	— 5	0	3	— 2	— 16	— 25
11	— 33	— 34	— 27	— 11	9	32	52	64	67	60	46	23	— 3	— 26	— 42	— 45	— 40	— 33	— 20	— 9	— 3	— 3	— 8	— 17
12	— 27	— 33	— 33	— 23	— 4	19	45	65	77	78	68	45	15	— 14	— 37	— 52	— 54	— 52	— 38	— 23	— 10	— 4	— 4	— 9
13	— 21	— 31	— 35	— 31	— 17	6	33	59	78	88	85	68	38	6	— 26	— 48	— 60	— 64	— 54	— 38	— 21	— 9	— 4	— 5
14	— 14	— 24	— 34	— 35	— 31	— 9	17	46	71	89	96	85	60	27	— 7	— 37	— 57	— 70	— 65	— 52	— 34	— 18	— 6	— 2

Tav. XIII. — DICEMBRE

VELOCITÀ (cm/sec) DELLE CORRENTI DI MAREA AL CENTRO DELLO STRETTO DI BAB-EL-MANDEB ($\varphi = 12° 42' 30''$; $\lambda = 43° 17' 40''$).

La corrente effettiva risulta dalla somma delle velocità, date nella tavola, col valore stagionale della corrente di deriva, che in questo mese è di circa: + 80 cm/sec.

Valori positivi indicano corrente entrante nel mar Rosso; negativi corrente uscente.

Età della luna	0^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	— 8	— 17	— 26	— 30	— 26	— 14	10	39	67	87	97	93	72	42	7	— 31	— 58	— 74	— 74	— 66	— 46	— 28	— 10	— 1
1	— 1	— 6	— 18	— 26	— 29	— 25	— 6	19	47	72	89	94	83	58	27	— 11	— 42	— 66	— 75	— 71	— 56	— 36	— 16	— 1
2	4	3	— 6	— 16	— 15	— 28	— 18	0	25	50	72	85	83	69	44	8	— 25	— 53	— 68	— 71	— 63	— 45	— 24	— 6
3	7	11	5	— 4	— 15	— 25	— 22	— 12	6	28	50	69	75	69	53	24	— 7	— 36	— 57	— 66	— 64	— 51	— 21	— 10
4	4	15	15	10	— 1	— 14	— 17	— 16	— 7	7	27	47	58	59	53	32	7	— 21	— 43	— 57	— 61	— 54	— 38	— 17
5	0	16	23	23	16	2	— 7	— 13	— 12	— 6	8	23	36	43	45	32	15	— 8	— 29	— 45	— 55	— 53	— 42	— 25
6	— 6	13	25	32	30	20	10	0	— 8	— 10	— 6	4	14	23	27	24	15	— 1	— 19	— 34	— 44	— 49	— 44	— 31
7	— 16	5	22	36	41	37	30	19	6	— 5	— 10	— 9	— 5	1	9	9	7	0	— 11	— 23	— 35	— 42	— 43	— 36
8	— 24	— 5	15	35	46	50	49	40	26	9	— 4	— 13	— 18	— 18	— 11	— 10	— 6	— 6	— 10	— 17	— 26	— 35	— 40	— 38
9	— 30	— 14	4	26	45	55	62	59	48	29	10	— 7	— 22	— 29	— 29	— 28	— 22	— 17	— 14	— 14	— 20	— 27	— 34	— 36
10	— 34	— 24	— 9	14	37	55	70	75	68	53	31	8	— 15	— 32	— 40	— 45	— 40	— 33	— 23	— 18	— 17	— 19	— 26	— 32
11	— 36	— 32	— 21	— 1	23	46	68	82	84	74	54	29	— 1	— 27	— 43	— 54	— 53	— 47	— 35	— 24	— 18	— 16	— 20	— 26
12	— 32	— 34	— 30	— 16	9	29	58	79	91	90	75	51	19	— 12	— 36	— 58	— 63	— 60	— 49	— 35	— 21	— 14	— 13	— 17
13	— 26	— 33	— 34	— 27	— 10	12	41	69	89	96	91	73	42	8	— 23	— 52	— 66	— 70	— 61	— 45	— 29	— 16	— 9	— 10
14	— 18	— 26	— 34	— 33	— 24	— 6	21	52	77	94	98	87	62	28	— 5	— 40	— 61	— 72	— 69	— 55	— 37	— 20	— 8	— 4

CONTROLLO DELLE TAVOLE

§. 56 — Rilevando dalle tavole delle correnti le velocità corrispondenti ad epoche ed ore, per le quali si posseggono i dati di osservazione, si verifica facilmente il grado di approssimazione con cui le tavole figurano il reale andamento delle correnti.

Nel seguente prospetto presentiamo alcuni confronti tra i valori dedotti dalle tavole e quelli osservati durante la stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb.

L'età lunare del giorno 20 marzo 1924 è esattamente 14; i valori dati nel prospetto per le ore 12-24, di tale giorno, sono quelli che si trovano nella tavola di marzo, linea 14, aumentati del valore che rappresenta la corrente di deriva in tale giorno (70 cm/sec).

Il giorno 21 marzo l'età lunare è 0,3; per i giorni successivi si hanno numeri crescenti da 1 a 14, aumentati di questa stessa frazione. I valori delle tavole per queste età espresse da numeri decimali, sono interpolati fra le due linee che corrispondono alle età intere fra le quali è compresa quella decimale, aggiungendo alla prima linea tre decimi delle differenze che esistono rispetto ai corrispondenti valori della linea successiva.

Così sono determinati i valori dati nel prospetto per i giorni 21-25 marzo. La corrente di deriva per tutti questi giorni è ritenuta costante, e pari a 70 cm/sec. Si è visto infatti che i medi valori delle velocità giornaliere oscillano attorno ai 70 cm/sec in tali giorni; mentre decrescono verso la fine del mese (§. 37).

Per gli ultimi giorni di marzo e per i primi di aprile furono adottati valori medi fra quelli che si hanno, a pari età lunare, nelle tavole di marzo e in quelle di aprile. Le tavole sono calcolate per la data media di ogni mese; l'approssimazione che esse consentono diminuisce gradualmente verso gli estremi del mese; la media dei valori corrispondenti ai due mesi adiacenti corregge in gran parte gli errori che si avrebbero adottando sia i valori dell'epoca mensile che precede, sia quelli dell'epoca che segue. La corrente progressiva, aggiunta alle velocità delle tavole, è di 65 cm/sec per i giorni 29-31 marzo; 40 per il 31 e sino alle 21 del 1 aprile; poi 50 cm/sec. (§. 37).

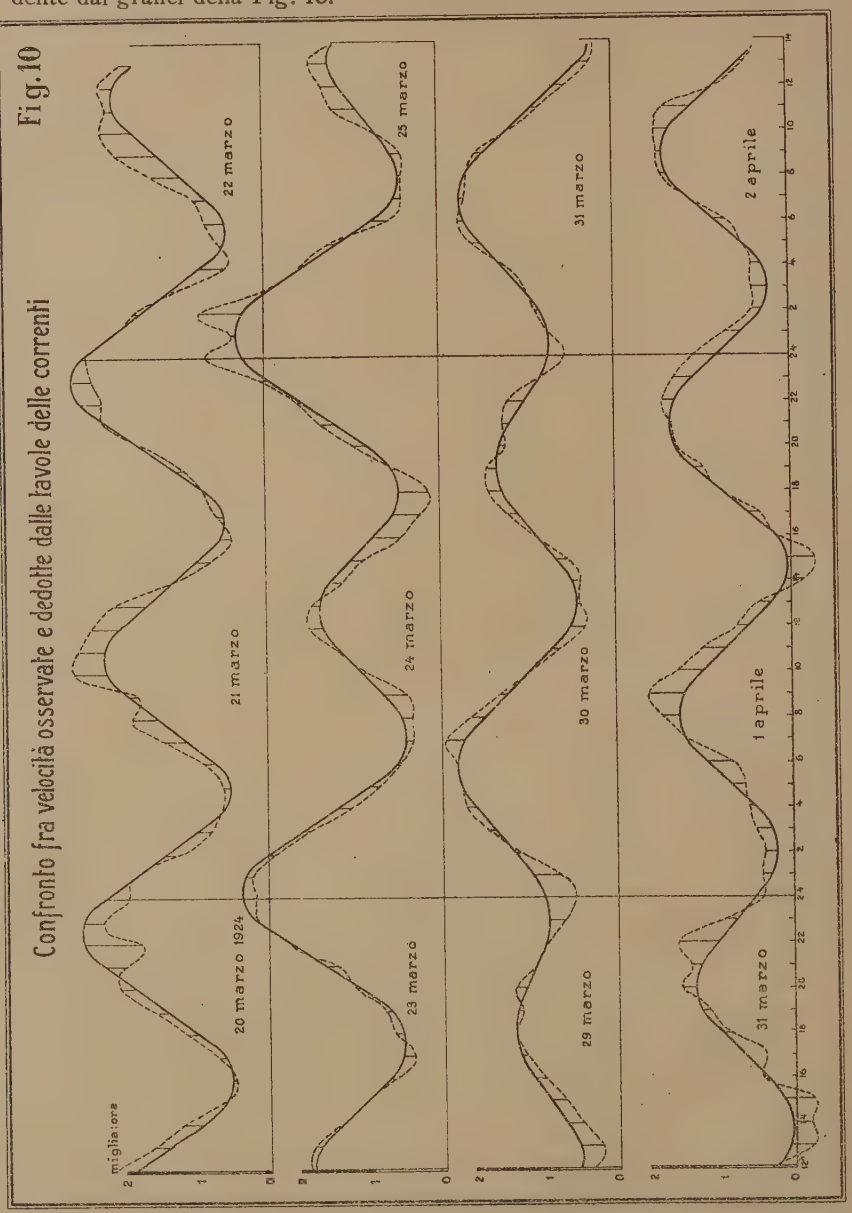
Nel prospetto sono fatte le differenze tra i valori osservati e quelli letti nelle tavole. Nell'ultima colonna è dato il valore medio di queste differenze.

CONFRONTO TRA LE VELOCITÀ OSSERVATE E QUELLE DEDOTTE DALLE TAVOLE DELLE CORRENTI

STAZIONE N. 120

Data	Età lunare	Valori	12h	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Diff. media
Marzo																											
	14	Tav.	96	74	54	33	29	34	51	73	97	113	130	130	112	91	70	47	33	29	37	55	76	98	108	112	
20-21	0. 3	Oss.	110	80	65	35	25	38	60	81	103	102	88	115	98	96	61	41	34	30	44	75	95	88	134	129	
		Diff.	14	6	11	2	4	4	9	8	6	11	42	15	14	5	9	6	1	1	7	20	19	10	26	17	**11**
	0. 3	Tav.	105	87	65	45	35	31	41	60	85	109	127	135	129	111	89	63	42	30	28	39	56	76	92	103	
21-22	1. 3	Oss.	120	110	67	38	24	34	40	55	83	111	112	118	122	106	90	60	25	30	40	45	78	100	111	108	
		Diff.	15	23	2	7	11	3	1	5	2	2	15	17	7	5	1	3	17	0	12	6	22	24	19	5	**10**
	2. 3	Tav.	91	87	74	57	39	30	29	37	56	82	104	128	138	136	124	101	75	49	33	24	27	38	52	69	
23-24	3. 3	Oss.	91	92	70	55	35	20	34	40	60	70	106	128	128	131	115	94	62	44	30	20	20	20	52	73	
		Diff.	0	5	4	2	4	10	5	3	4	12	2	0	10	5	9	7	13	5	3	4	7	18	0	4	**6**
	3. 3	Tav.	80	81	75	63	48	35	30	33	46	70	94	118	134	140	135	121	98	70	50	34	27	30	39	53	
24-25	4. 3	Oss.	88	88	67	54	25	16	25	28	57	80	95	122	160	140	165	118	96	80	34	24	25	25	43	72	
		Diff.	8	7	8	9	23	19	5	5	11	10	1	4	26	0	30	3	2	10	16	10	2	5	4	19	**11**
	8. 3	Tav,	28	29	37	47	59	67	71	70	63	56	50	48	50	57	70	84	97	106	109	104	92	75	59	44	
29-30	9. 3	Oss.	20	11	26	35	50	62	70	65	70	56	48	38	28	36	65	86	104	104	108	118	98	80	57	40	
		Diff.	8	18	11	12	9	5	1	5	7	0	2	10	22	21	5	2	7	2	1	14	6	5	2	4	**7**
	9. 3	Tav.	31	27	30	41	53	67	75	82	79	71	61	52	45	44	50	61	76	90	102	106	100	89	73	55	
30-31	10. 3	Oss.	20	24	23	31	56	71	86	88	74	76	74	50	32	46	52	60	74	96	105	100	100	92	68	50	
		Diff.	11	3	7	10	3	4	11	6	5	5	13	2	13	2	2	1	2	6	3	6	0	3	5	5	**5**
	10. 3	Tav.	15	5	3	10	22	37	52	64	67	64	53	39	25	14	11	16	29	44	61	73	77	73	61	44	
31/III 1/IV	11. 3	Oss.	21	— 12	— 10	— 12	24	20	48	58	80	70	81	35	20	22	21	25	28	33	38	74	86	98	77	61	
		Diff.	6	17	13	22	2	17	4	6	13	6	28	4	5	8	10	9	1	11	23	1	9	25	16	17	**11**
Aprile																											
	11. 3	Tav.	25	11	2	3	13	31	50	67	78	79	77	67	47	32	17	13	19	32	50	68	80	84	78	65	
1-2	12. 3	Oss.	31	24	— 12	— 18	10	20	48	56	78	80	87	77	65	44	24	24	24	30	40	70	85	87	88	86	
		Diff.	6	13	14	21	3	11	2	11	0	1	10	10	18	12	7	11	5	2	10	2	5	3	10	21	**9**

§. 57 — Il raffronto tra i valori del precedente prospetto è reso molto evidente dai grafici della Fig. 10.



Tra i dati osservati e quelli rilevati dalle tavole esistono differenze derivanti:

a) da irregolarità nelle successioni dei valori osservati visibili molto distintamente nei grafici;

b) dall'omissione dei termini armonici minori nella sintesi fatta nelle tavole (N_2, K_2, ecc.);

c) dalla sostituzione di valori medi, a quelli effettivi per l'anno che si considera, per le ampiezze H di alcuni armonici (M_2, K_1 O_1);

d) dall'adozione di valori medi mensili per gli argomenti astronomici delle onde diurne, in luogo degli argomenti effettivi variabili di giorno in giorno e anche, sia pure tra limiti ristrettissimi, di anno in anno;

e) dall'azione variabile degli agenti atmosferici, specialmente del vento

Per l'anno considerato (1924) la causa di errore porta ad esagerare alquanto le differenze di ampiezza tra le oscillazioni successive (disuguaglianze diurne). Questo è forse l'unico errore sistematico che si rileva nei grafici, specialmente nel primo della Fig. 10.

Per lo stretto di Bab-el-Mandeb, di tutte le accennate cause di errore, produce i massimi effetti quella indicata colla lettera e): il regime del vento. Di fronte alle variazioni che le correnti di deriva subiscono in dipendenza dalle variazioni del vento, tutti gli altri errori passano in secondo ordine. Nel caso considerato erano note le velocità medie di questa corrente di deriva, e quindi si è potuto tenerne un conto almeno approssimato nella valutazione delle quantità che si debbono aggiungere alle correnti di marea per avere le correnti effettive.

La media delle differenze fra le curve regolari, dedotte dalle tavole, e quelle figuranti i dati di osservazione, perturbate da molte fluttuazioni irregolari, varia da un giorno all'altro fra i limiti 5 e 11 cm/sec. Ciò significa che le irregolarità delle curve reali e le numerose cause di errore, sopra elencate, agiscono globalmente in guisa da garantire, fra i valori delle tavole e quelli effettivi, scarti inferiori, in ogni caso, al medio valore di ¼ di miglio/ora. Solo per gli ultimi e per i primi giorni di ogni mese si verrebbe a raggiungere e a superare lievemente questo limite, qualora si evitasse di calcolare valori intermedi tra le due epoche mensili equidistanti dalla data; ma usando quest'avvertenza, come è fatto nel prospetto, la differenza media viene ridotta a valori inferiori a 10 cm/sec.

Questo limite di approssimazione rappresenta quanto di più soddisfacente si possa pretendere in ricerche di questo genere ,essendo di poco superiore al limite stesso della precisione delle misure.

Come valore assoluto, il limite di 10 cm/sec, verificato in questi controlli, è notevolmente minore di quello riscontrato in analoghe constatazioni per le correnti calcolate rispetto a quelle osservate a Messina. Facendo un rapporto tra lo scarto medio di 10 cm/sec e i valori delle massime correnti di marea (esclusa quindi la corrente di deriva), anche per Bab-el-Mandeb, come per Messina, lo scarto medio fra valori effettivi e velocità date dalle tavole delle correnti è dell'ordine del 10% delle massime velocità.

§. 58 — Abbiamo accennato nel parag. 8, ai dati rilevati dal Gedge, nel gennaio 1898, colla nave «Stork».

Trattandosi di confrontare il ritmo delle correnti di marea con quello delle correnti effettive risultanti dalla somma delle correnti di marea con quelle di deriva, bisogna tenere conto del valore che quest'ultima corrente aveva durante le misure compiute dalla «Stork». Il Gedge stima che la corrente di deriva sia di miglia 1½ in superficie, e di circa 2 alla quota di m. 9; osserva

però che i dati superficiali sono probabilmente in difetto, per l'azione perturbante esercitata dalla scia della nave. Il minore valore superficiale sarebbe quindi da ascriversi non a un fenomeno reale, ma a difetto delle misurazioni. E questa conclusione corrisponde alle constatazioni da noi fatte.

Perciò adotteremo i dati rilevati alla quota 9 come base dei confronti colle nostre tavole. Dall'esame dei dati del Gedge siamo indotti ad escludere il valore ammesso alla seconda ora (4 nodi), valore che non pare corretto. Ignorando il ritmo delle correnti di marea, e avendo insufficienti dati, il Gedge non poteva valutare con la voluta esattezza il valore della corrente di deriva; i dati da lui riferiti corrispondono a un flusso di deriva di circa 80 cm/sec.

Le velocità delle correnti sono dal Gedge riferite alle 12 ore che seguono l'istante dell'alta marea nel porto di Perim. Per le dodici ore che precedono il Gedge ammette esista una certa simmetria rispetto alle dodici ore che seguono, come se la curva avesse periodo diurno. Dice infatti esplicitamente che «la corrente di marea raggiunge velocità massima di nodi 1¼; scorre per dodici ore in un verso e per dodici ore in verso opposto, come è da aspettare in sito caratterizzato da maree diurne».

Non indica poi per quale età lunare debba valere il prospetto dei valori presentati; come se l'età lunare non portasse varazioni essenziali.

Si tratta di due errori capitali che metteremo meglio in rilievo nel §. 61. Limitiamoci ora ad alcune osservazioni, che servono a precisare il valore che dobbiamo attribuire ai dati del Gedge, per rendere possibile un confronto colle nostre deduzioni.

§. 59 — Nella Fig. 11 è rappresentato il ritmo della corrente superficiale per le quattro ore che seguono l'istante dell'alta marea a Perim, nel giorno zero della luna e nel mese di gennaio, quale risulta dalle nostre tavole delle correnti. Questa curva rende manifesto che, in tale epoca, esiste una forte disuguaglianza diurna; l'oscillazione di corrente, che corrisponde alla massima alta marea, è molto più ampia della oscillazione successiva. Ma la curva non ha andamento diurno, come ritenne il Gedge, e come fu ammesso sinora. Esiste netta l'oscillazione semidiurna e manca perciò uno scorrimento rivolto per dodici ore in un senso e per dodici ore in senso opposto. Nelle epoche sizigiali di gennaio le due oscillazioni presentano le massime disuguaglianze; ma queste disuguaglianze, nei giorni successivi, tendono gradualmente a scomparire, e nella quadratura che si ha sette giorni dopo, i due massimi della curva sono prossimamente uguali (si veda il §. 61). L'ipotesi di una sola fluttuazione diurna, con simmetria di andamento fra l'intervallo di 12 ore che precede, e quello che segue l'istante di massima corrente, è quindi insussistente. La corrente di marea è di tipo misto; le apparenze rilevate in una speciale stagione ed epoca lunare non sono permanenti, ma variano in altre stagioni e in altre epoche lunari.

I dati del Gedge valgono solo per l'epoca sizigiale di gennaio e per le 12 ore che seguono la massima alta marea locale. Così limitate nel loro significato concordano singolarmente coi dati che le nostre tavole di corrente fissano per il giorno zero della luna, nell'ipotesi accennata che la corrente di deriva, che

deve essere aggiunta, abbia il valore di circa 80 cm/sec (nodi 1,6), e che l'alta marea a Perim nel giorno zero lunare, avvenga circa alle 7 e ¾, conforme alle indicazioni delle carte nautiche.

Nel seguente prospetto mettiamo a confronto i dati del Gedge, con quelli dedotti per le corrispondenti ore (dalle 7¾ in poi, giorno zero, tavola di gennaio) dalle nostre tavole delle correnti .

Raffronto tra le osservazioni del Gedge e i dati delle tavole delle correnti.

Velocità in miglia/ora; le ore sono contate dall'istante dell'alta marea a Perim.

Ore dell'alta marea a Perim	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dati del Gedge	3. 25	3. 30	4	?	3	2. 50	2	0. 75	0. 50	0. 50	0. 50	0. 25	0. 50	0. 50
» delle Tavole	2. 80	3. 20	3.	3	3	2. 60	2	1. 25	0. 65	0. 25	0. 10	0. 25	0. 50	0. 90
Differenze	. 45	. 10	?	0		. 10	0	. 50	. 15	. 25	. 40	.	.	. 40

Escludendo il valore dato dal Gedge per le ore 2, che deriva forse da osservazioni fatte in presenza di vortici o da errori strumentali, gli altri dati si accordano molto bene con quelli delle tavole. La media differenza è inferiore a un quinto di miglia/ora.

§. 60 — Le osservazioni del Gedge, coll'interpretazione limitata che debbono avere, costituiscono perciò una prova chiara della notevole approssimazione con cui le tavole di corrente figurano i dati reali di osservazione, non soltanto per il sito della stazione quindicinale fatta dall'*Arimondi*, ma anche per tutta l'apertura principale dello stretto di Bab-el-Mandeb, al largo dalle zone costiere. La fig. 11 rende più evidente la quasi perfetta corrispondenza tra i dati messi a confronto.

Il riferimento speciale, con cui sono presentati i dati del Gedge, e l'omissione dell'età lunare a cui si riferiscono, toglie la possibilità di controllare il ritardo con cui la corrente si propaga dal punto-stazione della *Stork* a quello della nostra stazione 120.

DISUGUAGLIANZE DIURNE E STAGIONALI

§. 61 — Nella Fig. 12 sono figurati, in forma schematica, gli aspetti tipici che le curve di corrente assumono nei mesi di marzo, giugno, settembre e dicembre, per dare idea delle mutazioni che si hanno nelle epoche solstiziali ed equinoziali. I grafici figurano le sole correnti di marea dello strato superficiale, sulla base dei valori dati nelle tavole delle correnti. I massimi ed i minimi sono alternativamente più alti e più bassi. Congiungendo, con linee continue, i punti alterni di massimo o di minimo, si vengono a mettere in rilievo le variazioni delle disuguaglianze diurne dipendenti dai termini declinazionali, molto rilevanti a Bab-el-Mandeb (§. 32-33).

Dall'esame di questi grafici risaltano i fatti seguenti:

1) Le disuguaglianze tra i massimi sono molto più rilevanti di quelle esistenti fra i successivi minimi.

Questo carattere è tipico delle curve di corrente di Bab-el-Mandeb, specialmente in epoca equinoziale, nella quale le disuguaglianze si manifestano quasi esclusivamente tra i massimi, mentre i minimi sono pressochè uniformi.

Qualunque sia l'interpretazione che si può dare al fenomeno, da un punto di vista fisico, tenendo conto che esso si presenta anche nel ritmo delle maree in forme varie (II), è importante notare che il fenomeno stesso rimane precisato con semplici correlazioni colle posizioni del sole e della luna, cioè colla determinazione delle componenti armoniche.

2) In epoca equinoziale le disuguaglianze minime si hanno alle sizigie, e quelle massime alle quadrature lunari. Per conseguenza in quest'ultima epoca una delle oscillazioni semidiurne è estremamente grande, e l'altra appena sensibile. Nelle sizigie invece le due oscillazioni sono prossimamente uguali, come nei siti ove prevale il ritmo semidiurno.

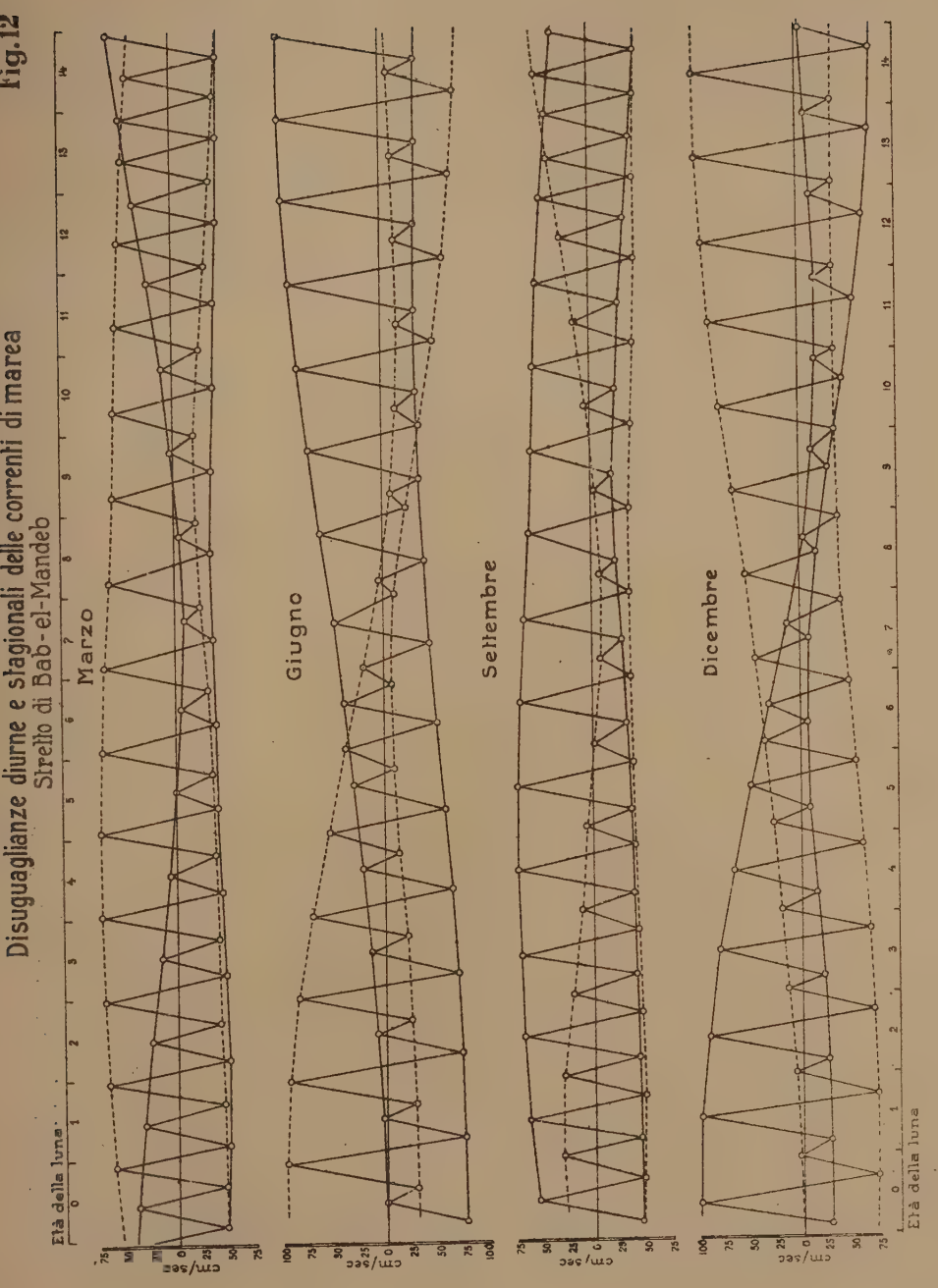


Fig. 12

In primavera le oscillazioni massime cadono in ore che dalla mezzanotte si spostano gradualmente verso mezzogiorno; l'opposto avviene in autunno, epoca in cui le posizioni delle oscillazioni massime corrispondono a quelle dei minimi primaverili.

3) Le epoche solstiziali presentano le maggiori disuguaglianze che si abbiano nel corso dell'anno. I valori estremi si hanno alle sizigie, invece che alle quadrature, come avviene negli equinozi. Nelle quadrature le disuguaglianze sono minime, ma tuttavia ancora notevoli.

Successioni di oscillazioni semidiurne quasi pure, quali si hanno negli equinozi, non si presentano normalmente in epoche solstiziali.

Le disuguaglianze interessano ancora essenzialmente i successivi massimi, ma sono sensibili anche tra i minimi.

Le posizioni dei massimi principali e secondari sono esattamente opposte in giugno e dicembre, precisamente come avveniva in marzo e settembre. Le curve che congiungono i punti corrispondenti sono quindi invertite di posizione.

Nelle stagioni intermedie tra quelle considerate si hanno i cicli corrispondenti a tutte le possibili forme di transizione, e quindi conformazioni mutevoli da mese a mese. E' naturale che osservazioni limitate a un breve intervallo, se generalizzate impropriamente, portino a conclusioni errate, come è avvenuto nel caso della «Stork», che trovatasi in presenza del ritmo prevalentemente diurno dell'epoca sizigiale invernale, ritenne si trattasse di fenomeno immutato per ogni epoca (§. 59).

Nei capitoli seguenti si vedrà che le osservazioni fatte in vari mesi, fra dicembre e aprile, corrispondono esattamente ai caratteri generali che risultano dagli schemi presentati in questo paragrafo.

CAPITOLO V

Il regime delle correnti negli stretti di Bab - el - Mandeb

LO STRETTO PRINCIPALE (Large Strait)

§. 62 — Nello stretto maggiore di Bab-el-Mandeb vennero eseguite tre stazioni per misure di correnti (Fig. 6):

Stazione 82, al largo di Ras Dumeira, nei giorni 15-17 dicembre 1923, colla nave *Magnaghi;*

Stazione 83, sulla dorsale sottomarina che si protende a nord-ovest di Perim, nei giorni 18-20 dicembre, colla stessa nave;

Stazione 120, ai margini della fossa centrale del canale grande di Bab-el-Mandeb, a circa 6 miglia NW di Perim, nei giorni dal 19 marzo al 3 aprile 1924, colla R. Nave *Arimondi.*

Quest'ultima stazione, per l'importanza speciale che presenta, venne studiata separatamente nei due capitoli precedenti; i risultati mettono in rilievo preciso il ritmo generale delle correnti.

Vennero considerati, nel §. 58, i dati misurati dalla nave del Gedge nel 1898, in un punto situato 9 miglia a SW di Perim; si riconobbe che questi dati corrispondono pienamente al ritmo generale rappresentato dalle tavole del Cap. IV.

Prenderemo ora in considerazione i valori misurati nelle stazioni 82 e 83. Entrambe queste stazioni sono su fondali piccoli, circa 50 metri, una sul margine occidentale, l'altra su quello orientale della sella sottomarina che separa i bacino del mar Rosso da quello del mare Arabico. Le due stazioni sono situate su una trasversale che è 5 miglia a nord di quella passante per il punto della stazione 120.

Nei prospetti seguenti sono riferiti i dati delle misurazioni, che furono eseguite col correntometro Ekman-Merz 27.

STAZIONE 82 *(profondita' m. 51 — località: Ras Dumeira).*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 82							
1923	17. 5	5	101	35	SSE	Sereno	Agitato
Dicemb.	. 10	15	93	»»	abb.		
15	. 15	40	24	»»	forte		
»	18. 0	5	90	35	»	»	»
	. 15	15	78	»»			
	. 20	40	13	33			
»	19. 0	5	84	35	»	»	»
	. 10	15	77	0			
	. 20	40	17	0			
»	20. 0	5	72	35	»	»	»
	. 10	15	65	0			
	. 20	40	13	5			
»	21. 0	5	61	35	»	»	»
	. 5	15	53	»»			
	. 15	40	15	22			
	. 20	30	38	1			
»	22. 0	5	63	35	»	»	»
	. 7	15	54	»»			
	. 12	40	8	20			
»	23. 0	5	68	35	»	»	»
	. 6	15	54	»»			
	. 12	40	18	»»			
16	0. 0	5	67	35	»	»	»
	. 10	15	63	0			
	. 25	40	32	35			
»	1. 0	5	76	35	»	»	»
	. 10	15	70	17?			
	. 20	40	35	35			
»	2. 0	5	88	35	»	»	»
	. 10	15	81	»»			
	. 20	40	51	34			
»	3. 0	5	100	34	»	»	»
	. 10	15	129	35			
	. 20	40	58	34			
»	4. 0	5	107	34	»	»	»
	. 10	15	118	35			
	. 20	40	82	»»			
»	5. 10	5	131	34	»	»	»
	. 20	15	128	35			
	. 30	40	71	»»			
»	6. 10	5	131	34	SE	½ cop.	»
	. 20	15	—	—	mod.		
	. 30	40	86	35			
»	7. 0	5	88?	35	»	»	»
	. 10	15	82	»»			
	. 20	40	76	»»			
Dicemb.	8. 15	5	90	35	SE	Cop.	Agit.
16	. 20	15	86	»»	mod.	piog-	
	. 30	40	64	»»		gierella	
»	9. 15	5	69	35	SE	coperto	»
	. 20	15	63	0	forte		
	. 30	40	47	»			
»	10. 0	5	64	35	»	½ cop.	»
	. 10	15	62	»»			
	. 20	40	52	0			
»	11. 0	5	52	34	»	¼ cop.	»
	. 5	15	43	0			
	. 10	40	31	35			
»	11. 55	5	41	34	»	sereno	»
	12. 0	15	32	»»			
	. 10	40	27	26			
»	13. 0	5	51	35	»	»	»
	. 5	15	43	»»			
	. 12	40	28	»»			
»	14. 0	5	47	35	»	»	»
	. 10	15	39	0			
	. 20	40	35	35			
	15. 30	5	62	35	»	»	»
	. 10	15	58	0			
	. 20	40	47	35			
»	16. 5	5	75	34	»	»	»
	. 15	15	72	0			
	. 25	40	43	0			
»	17. 0	5	80	35	»	»	»
	. 10	15	74	1			
	. 20	40	71	»			
»	18. 0	5	88	35	»	»	»
	. 10	15	85	0			
	. 18	40	43	35			
»	19. 0	5	100	35	»	»	»
	. 7	15	98	»»			
	. 15	40	49	»»			
»	20. 0	5	92	34	»	»	»
	. 12	15	90	34			
	. 25	40	46	35			
»	21. 0	5	75	35	»	»	»
	. 10	15	71	»»			
	. 15	40	46	»»			
»	22. 0	5	61	35	S.E.	»	»
	. 5	15	57	»»	abb.		
	. 12	40	40	»»	forte		

Le coordinate geografiche delle varie stazioni sono indicate nel Prospetto del § 23.

STAZIONI 82 *(cont.)* e 83 (*profondità m. 48 — località: Nord di Perim*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Dicemb. 16	23. 0	5	67	35	SE forte	½ cop.	Agit.
	. 5	15	71	0			
	. 10	40	39	»			
17	0. 0	5	64	35	»	»	»
	. 15	15	68	»			
	. 25	40	43	»			
»	1. 5	5	63	34	»	Sereno	»
	. 15	15	62	35			
	. 25	40	55	»			
»	2. 0	5	76	35	»	»	»
	. 10	15	66	»			
	. 20	40	53	»			
»	2. 45	5	80	35	»	»	»
	. 55	15	71	»			
	3. 0	40	74	»			
Staz. 83							
Dicemb. 18	17. 8	5	24	20	SE debole	»	Mosso
	. 15	15	13	16			
	. 20	40	20	11*			
»	18. 0	5	10	20	»	»	»
	. 5	15	13	17			
	. 15	40	12	9			
»	19. 0	5	0	—	»	»	»
	. 7	15	10	11			
	. 15	40	8	4			
»	20. 0	5	6	—	»	»	»
	. 10	15	17	9			
	. 20	40	0	—			
»	21. 0	5	0	—	»	»	»
	. 10	15	14	10			
	. 20	40	14	15			
»	22. 0	5	0	17	»	»	»
	. 7	15	18	15			
	. 12	40	13	18			
»	23. 0	5	10	16	»	»	Legg. mosso
	. 10	15	20	15			
	. 20	40	21	13			
19	0. 0	5	12	14	»	»	»
	. 7	15	22	10			
	. 15	40	24	2?			
»	1. 0	5	20	7	»	»	»
	. 10	15	19	10			
	. 20	40	21	16			
»	2. 10	5	18	12	»	»	»
	. 15	15	14	10			
	. 30	40	13	14			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Dicemb. 19	3. 0	5	17	7	SE debole	Sereno	legg. mosso
	. 7	15	15	4			
	. 15	40	10	5			
»	4. 0	5	12	2	»	½ cop.	»
	. 10	15	11	1			
	. 17	40	18	4			
»	5. 0	5	14	1	»	»	»
	. 10	15	16	35			
	. 20	40	15	34			
»	6. 0	5	23	35	»	»	»
	. 10	15	25	»			
	. 20	40	23	34			
»	7. 0	5	27	34	»	cop.	»
	. 8	15	35	»			
	. 15	40	24	35			
»	8. 0	5	32	35	»	»	»
	. 10	15	32	»			
	. 20	40	33	»			
»	9. 0	5	30	31	SE mod.	»	»
	. 7	15	37	»			
	. 15	40	27	33			
»	10. 0	5	25	35	WSW deb.	»	mosso
	. 7	15	21	34			
	. 15	40	14	31			
»	11. 5	5	9	19	NW mod.	» piove	»
	. 12	15	9	18			
	. 20	40	14	»			
»	12. 0	5	25	17	»	sereno	»
	. 10	15	18	16			
	. 20	40	22	15			
»	13. 15	5	39	16	»	»	»
	. 20	15	45	18			
	. 27	40	35	17			
»	14. 0	5	55	18	»	»	»
	. 7	15	48	»			
	. 15	40	33	17			
»	15. 0	5	67	17	»	»	»
	. 10	15	60	»			
	. 16	40	41	18			
»	16. 0	5	62	17	»	»	agit.
	. 7	15	52	»			
	. 15	40	36	18			
»	17. 5	5	57	17	»	»	»
	. 12	15	49	18			
	. 20	40	31	»			

STAZIONE 83 — (*Cont. e fine*)

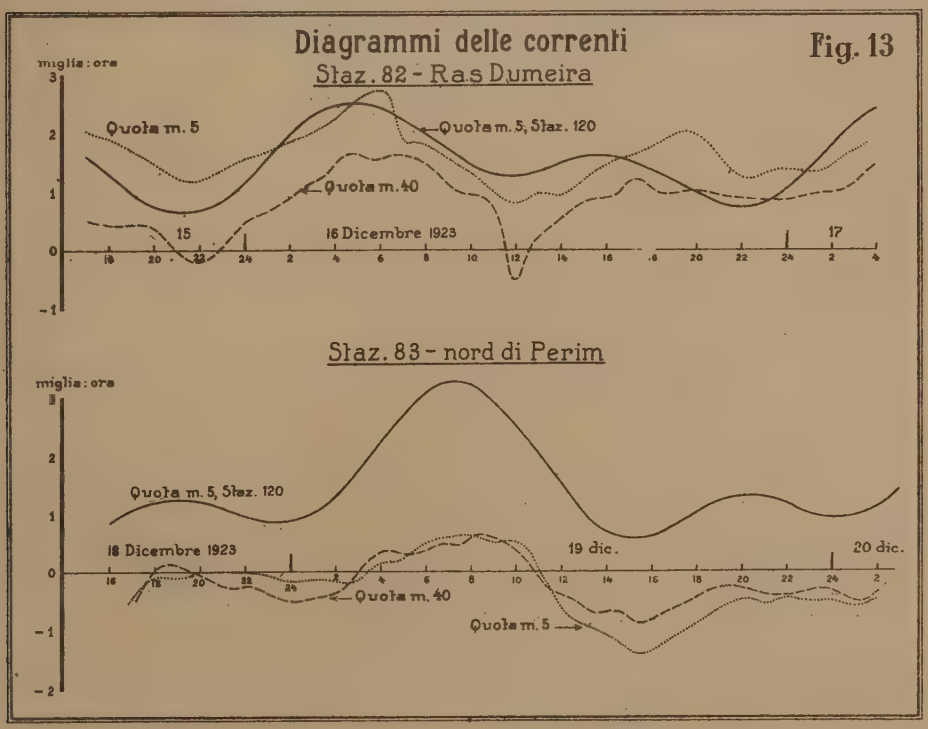
Data	Ora	Quota	Corrente		Vento	Cielo	Mare
			veloc. cm/sec	direz. N—E			
Dicemb.	18. 0	5	44	17	NW	Sereno	Agit.
19	. 10	15	35	» »	mod.		
	. 20	40	18	18			
»	19. 7	5	34	17	NW	»	mosso
	. 15	15	28	16	deb.		
	. 20	40	—	—			
»	20. 0	5	29	17	»	»	»
	. 10	15	22	18			
	. 20	40	13	21			
»	21. 0	5	26	17	»	»	»
	. 7	15	21	18			
	. 15	40	18	20			
»	22. 0	5	21	17	»	»	»
	. 8	15	23	18			
	. 17	40	17	21			
»	23. 0	5	29	18	»	»	»
	. 8	15	26	17			
	. 15	40	14	19			
20	0. 0	5	24	18	»	»	»
	0. 17	15	23	» »			
	. 15	40	17	» »			
»	1. 0	5	26	18	»	½ cop.	»
	. 7	15	28	» »			
	. 14	40	25	20			
»	2. 0	5	22	16	»	»	»
	. 8	15	23	17			
	. 16	40	12	» »			

§. 63 — I dati dei precedenti prospetti sono figurati nei diagrammi scalari della Fig. 13. Per non complicare il disegno venne omesso il grafico relativo alla quota di 15 m., che risulta molto prossimo a quello della quota 5.

Per studiare l'andamento delle correnti nei diversi punti conviene confrontare le velocità osservate con quelle simultanee in un punto di riferimento. Base di questi riferimenti sarà la zona centrale dello stretto principale, nel sito della stazione 120, per il quale conosciamo le costanti delle curve di corrente e possediamo le tavole che dànno valori molto approssimati delle velocità, per ogni momento ed epoca desiderati (Cap. IV). Accanto alle curve delle singole stazioni è tracciata anche quella figurante l'andamento simultaneo delle correnti nel centro del canale grande di Bab-el-Mandeb.

I diagrammi delle stazioni 82 e 83 presentano fluttuazioni affini a quelle del punto centrale di riferimento, per quanto siano perturbati e deformati da fluttuazioni secondarie, dovute all'azione dei bassifondi nei quali furono fatte le due stazioni. Era prevedibile che operando in prossimità delle coste africane, come nella stazione 82, o della dorsale sottomarina che prolunga verso

nord-ovest l'ostruzione presentata dall'isola di Perim, si avrebbero avuti valori alquanto alterati, rispetto a quelli che figurano i moti della valle principale del canale. Ma si è dovuto eseguire le misure su fondali bassi, poichè la grande profondità dello stretto, che varia da 160 a 200 m. nella depressione centrale, toglieva la possibilità di ancoraggio su catena. Prima delle stazioni 82 e 83 venne fatto, dalla *Magnaghi*, un tentativo di restare alla fonda, al centro dello stretto, con ormeggio di semplice cavo d'acciaio. Ma, come era già accaduto alla nave *Stork*, per la spinta del vento più che per l'azione delle correnti, il cavo venne spezzato. Vista la impossibilità di esplorazioni, con nave ancorata su fondali profondi, si dovettero limitare le postazioni degli ancoraggi su fondali piccoli, salvo ad eseguire poi le esplorazioni su maggiori fondali con nave piccola, che desse meno presa al vento. E questo tentativo venne fatto poi coll'*Arimondi*, nella stazione 120, con esito pienamente favorevole.



Le differenze di forma tra le curve delle stazioni costiere 82 e 83, e quelle della stazione centrale 120, sono tali da lasciare scorgere che le correnti di marea, anche nelle zone laterali, sono sostanzialmente simili a quelle della regione centrale. Presentano però ampiezze alquanto attenuate, che si manifestano con depressioni nei massimi e nei minimi, specialmente nelle curve dei bassifondi a nord di Perim. Inoltre le fasi delle correnti risultano in ritardo, rispetto a quelle della stazione 120, di un'intervallo di oltre un'ora. Questo ritardo deriva dalla distanza fra i punti delle stazioni. I punti 82 e 83 sono situati

su una trasversale assai prossima alla sella che costituisce il culmine della depressione tra i bacini del mar Rosso e del mare Arabico. Il punto 120 è situato su una trasversale, che dista dalla precedente di circa 5 miglia, ed è situata più a sud. Il ritardo nella propagazione delle correnti di marea dice che questa propagazione avviene dal mare Arabico verso l'interno del mar Rosso. Tale ritardo è minore di quello che corrisponderebbe al tempo impiegato dalle acque per fluire da un punto all'altro. La propagazione non è dunque un semplice scorrimento delle acque come avviene in un fiume, ma è in relazione colla propagazione delle onde di marea (Cap. VIII).

§. 64 — Le maggiori differenze caratterizzanti il ritmo delle correnti, nei punti qui considerati, non riguardano però tanto le correnti di marea, quanto le correnti di deriva. Si nota infatti che nella stazione 82, di Ras Dumeira, la curva è situata tutta sopra l'asse di velocità nulla, come nella stazione 120. Calcolando la media velocità diurna, col quale calcolo si elimina quasi totalmente la corrente di pura marea, si ottiene il valore medio giornaliero della corrente di deriva. Per Ras Dumeira si ottiene 80 cm:sec, valore che corrisponde a quello adottato nella sintesi della curva per il centro dello stretto, ed è in pieno accordo coi valori attribuiti dai portolani alla massima corrente invernale di deriva (circa 40 mg. al giorno). Riteniamo che il valore 80 cm:sec (cioè nodi 1,6), rappresenti abbastanza bene il medio valore della corrente di deriva nell'epoca da dicembre a febbraio. Anche la nave *Stork*, nel gennaio 1898, aveva stimato valori analoghi per la corrente di deriva nel punto esplorato, 9 miglia a SW di Perim.

Nella stazione 120 si era trovata la stessa corrente di deriva anche in marzo inoltrato. Ma alla fine del mese, essendosi attenuato l'impeto del vento, la corrente di deriva diminuì sensibilmente, e in complesso, come media di 15 giorni di misure orarie, risultò il valore di 66 cm:sec. Il valore elevato, trovato nei primi giorni, dipendeva probabilmente dai venti impetuosissimi che dominavano in tale epoca. Il valore normale di marzo può essere stimato fra 70 e 60 cm:sec. Invece nel dicembre, anche con venti locali moderati, la corrente di deriva si mantiene alquanto maggiore. Il valore trovato a Ras Dumeira pare quindi in pieno accordo con quello tipico della zona centrale dello stretto nel mese di dicembre.

Non così avviene sulla dorsale sottomarina che delimita a oriente la principale valle dello stretto. Nella stazione 83, fatta subito dopo la 82, e in condizioni non molto dissimili di tempo, non esiste corrente di deriva rivolta a nord-ovest, come nella parte centrale e occidentale dello stretto. Il medio valore diurno delle velocità risulta anzi negativo, e indica che la corrente di deriva è invertita, scorrendo verso il mare Arabico, con velocità di circa 13 cm:sec (mezzo miglio per ora). Esiste quindi una linea neutra per i moti di deriva, separante il flusso di acque entrante in mar Rosso, da quello uscente. Il primo flusso investe tutta la grande vallata dello stretto principale; il secondo la parte orientale. La linea neutra corrisponde alla dorsale sottomarina, che da Perim si estende sino alla sella di separazione dei due bacini marini, 12 miglia a nord di Perim. La genesi di questa dorsale sottomarina

è in evidente relazione colla posizione della linea neutra accennata, linea che determina un accumulo di sedimentazioni, mentre la vallata principale corrisponde a una valle sottoposta a dilavamento e ad erosione, per azione delle veloci correnti che la percorrono.

Non abbiamo dati relativi ai moti delle acque fra la dorsale sottomarina e la costa araba, zona che costituisce tutto un vasto bassofondo.

§. 65 — La curva di quota 40, nella stazione 83, si identifica quasi con quella superficiale, tanto per la forma, determinata dalle fluttuazioni delle correnti di marea, quanto per la posizione rispetto all'asse, derivante dal valore della corrente di deriva. Invece nella stazione di Ras Dumeira, N° 82, la curva di quota 40 presenta notevoli divergenze di forma e una forte diminuzione della corrente di deriva. Questa diminuzione è tale che la curva nei minimi più profondi, oltrepassa l'asse zero, cioè a dire corrisponde a inversioni di corrente. E questo è in pieno accordo coll'andamento delle correnti nella zona centrale dello stretto.

LO STRETTO PICCOLO DI BAB-EL-MANDEB (Small Strait)

§. 66 — Tra l'isola di Perim e la costa araba si apre lo stretto piccolo, il quale presenta una larghezza minima, circa un miglio e un quarto, tra Ras Bab-el-Mandeb e Perim. I fondali, in questo tratto, non superano i 30 metri; ma sono notevolmente minori a nord dello stretto, riducendosi ivi a una quindicina di metri, per larga zona. Dato l'elevato numero di sinistri marittimi verificatisi nello stretto piccolo, le autorità marittime inglesi raccomandano ai piroscafi di evitare il passaggio per tale stretto. I risultati delle nostre ricerche dimostrano che anche dal punto di vista dinamico le condizioni delle acque ivi sono meno favorevoli alla navigazione di quelle che si hanno nello stretto grande, perchè le velocità delle correnti risultano alquanto maggiori e presentano inversioni periodiche; inoltre si stabiliscono controcorrenti superficiali a nord-ovest di Perim.

Nel piccolo canale di Bab-el-Mandeb abbiamo eseguito due serie di misurazioni (Fig. 6), nei giorni 13-15 dicembre 1923, 17-19 marzo 1924. La prima di queste serie, Staz. 80, fu compiuta colla nave *Magnaghi*, in presenza di venti generalmente moderati e di mare debolmente mosso. La seconda coll'*Arimondi*, con vento fortissimo da SE e mare molto agitato.

Nei prospetti che seguono presentiamo i dati misurati nelle due stazioni, con correntometri Ekman-Merz N° 27 e 45.

STAZIONI 80 (*profondità m. 19*) e 119 (*profondità m. 18*).

Località Bab-el-Mandeb (canale piccolo).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 80					ESE abb. forte	Sereno	Mosso
1923	18. 30	5	62	17			
Dicemb.	. 40	10	68	16			
13	. 45	15	105	15	»	»	»
»	20. 0	5	74	13*			
	. 5	15	56	14	»	»	»
»	22. 25	5	30	1			
	. 30	15	26	0	»	»	»
14	0. 0	5	114	32			
	. 5	15	120	34	»	»	»
»	1. 0	5	140	33			
	. 5	15	147	34	»	»	»
»	2. 0	5	149	33			
	. 5	15	152	34	SE mod.	$\frac{1}{4}$ cop.	»
»	3. 10	5	141	32			
	. 5	15	138	?	»	»	»
»	4. 0	5	134	33			
	. 5	15	117	» »	»	»	»
»	5. 0	5	118	32			
	. 15	15	95	34	»	»	»
»	6. 0	5	82	35			
	. 5	15	73	» »	»	»	»
»	7. 0	5	55	35			
	. 5	15	84	33	»	cop.	»
»	8. 0	5	44	33			
	. 10	15	47	35	»	»	legg. mosso
»	9. 0	5	36	29			
	. 5	15	36	35	»	»	»
						pioggia	
»	10. 7	5	29	34			
	. 12	15	24	30	»	$\frac{1}{2}$ cop.	»
»	11. 0	5	46	29			
	. 5	15	46	30	»	»	»
»	12. 0	5	86	32			
	. 5	15	75	34	»	»	»
»	13. 5	5	100	31			
	. 10	15	89	32	»	»	»
»	14. 5	5	104	32			
	. 10	15	86	» »	»	»	»
»	15. 10	5	95	32			
	. 15	15	92	» »	»	»	»
»	16. 10	5	68	33			
	. 15	15	74	32			

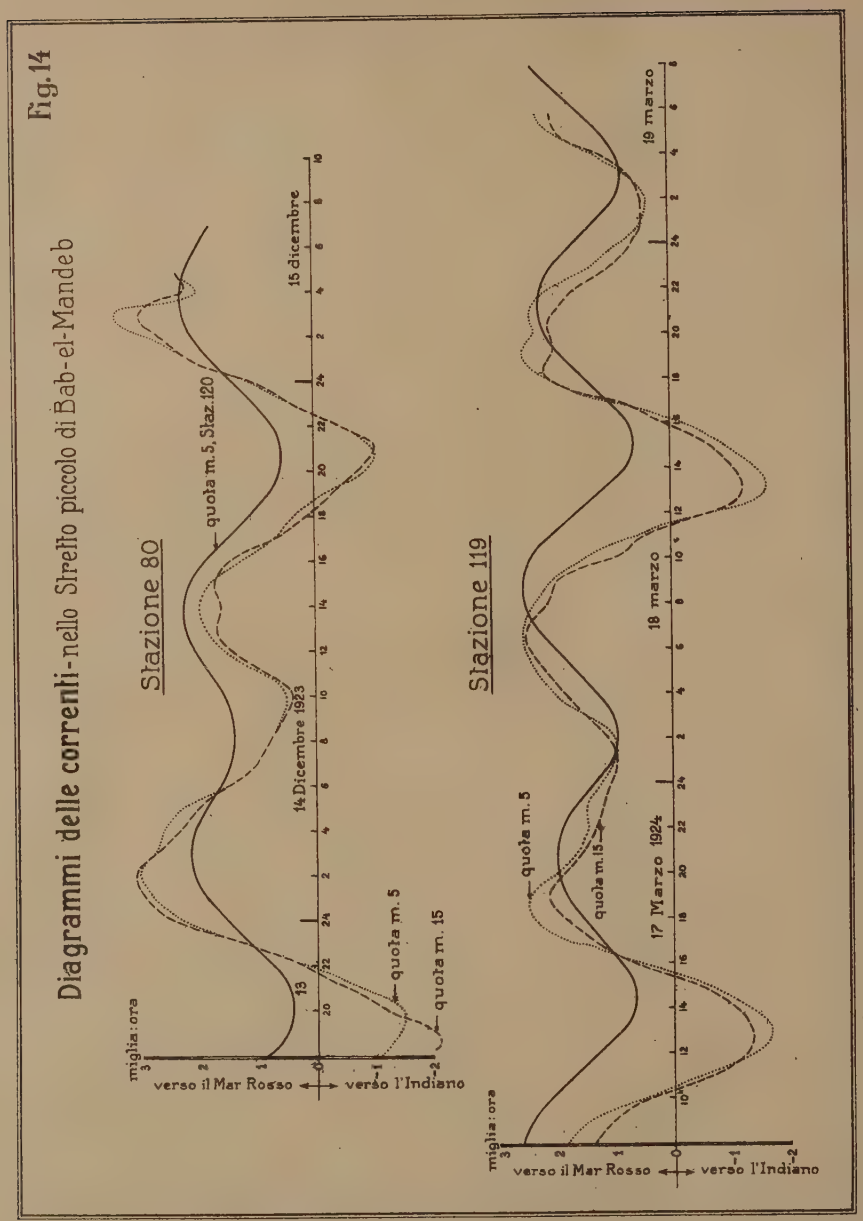
Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Dicemb.	17. 10	5	38	33	SE mod.	$\frac{1}{2}$ cop.	legg. mosso
14	. 15	15	38	31			
»	18. 5	5	27	29	»	»	»
	. 10	15	12	24			
»	19. 0	5	16	13	SE abb. forte	Sereno	mosso
	. 5	15	21	18			
»	20. 0	5	51	17	»	»	»
	. 5	15	48	14			
»	21. 0	5	53	16	»	»	»
	. 5	15	57	14			
»	22. 0	5	31	16	»	»	»
	. 5	15	31	16			
»	23. 0	5	28	2	»	»	»
	. 5	15	25	29			
15	0. 0	5	62	31	»	»	»
	. 5	15	57	32			
»	1. 0	5	112	33	»	»	»
	. 5	15	110	» »			
»	2. 5	5	138	33	»	»	»
	. 10	15	130	» »			
»	3. 0	5	177	32	»	$\frac{1}{2}$ cop.	»
	. 5	15	157	33			
»	4. 10	5	98?	33	»	»	»
	. 15	15	117	34			
»	5. 17	5	123	32	SE mod.	cop. pioggia	legg. mosso
	. 40	15	122	33			
Staz. 119							
1924							
Marzo	8. 25	5	92	32	SSE mod.	Sereno	Agit.
17	. 1	15	67	33			
»	9. 0	5	73	32	»	»	»
	. 6	15	54	33			
»	10. 15	5	26	28	»	»	»
	. 19	15	25	25*			
»	11. 0	5	27	20	SE forte	»	»
	. 5	15	33	16*			
»	12. 6	5	73	18	»	»	»
	. 10	15	62	15			
»	13. 0	5	84	17	»	»	»
	. 5	15	66	15			
»	14. 0	5	63	17	»	»	»
	. 5	15	52	15			

STAZIONE N. 119 *(cont.; profondità m. 18).*

Località Bab-el-Mandeb (canale piccolo)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1924 Marzo 17	15. 0	5	27	18	SE forte	Sereno	Agitato
	. 5	15	23	17			
»	16. 0	5	32	32	»	»	»
	. 5	15	36	34			
»	17. 0	5	90	33	»	»	»
	. 5	15	67	32			
»	18. 0	5	118	33 **	»	»	»
	. 4	15	92	35			
»	18. 46	5	122	33 **	»	»	»
	. 55	15	106	35 **			
»	20. 0	5	96	32	»	»	»
	. 5	15	86	33			
»	21. 0	5	.		»	»	»
	. 5	15	.				
»	22. 0	5	74	32	»	»	»
	. 5	15	66	»			
»	23. 0	5	74	32	»	»	»
	. 5	15	59	30			
18	0. 0	5	59	32	»	»	»
	. 5	15	—				
»	0. 45	5	52	33	»	»	»
	. 49	15	46	»			
»	2. 0	5	48	33	»	»	»
	. 5	15	53	31			
»	3. 25	5	92	32	»	»	»
	. 5	15	74	33			
»	4. 10	5	102	32	»	»	»
	. 15	—	—	—			
»	5. 15	15	108	32	»	»	»
»	6. 0	5	125	31	»	»	»
	. 15	15	127	32			
»	7. 14	5	121	32	»	»	»
	. 33	15	114	»			
»	8. 0	5	117	32	»	½ cop.	»
	. 15	15	102	31			
»	8. 56	5	103	32	»	»	»
	9. 3	15	93	»			
»	10. 0	5	72	32	»	»	»
	. 5	15	52	»			
»	11. 0	5	30	35	»	»	»
	. 5	15	27	30 *			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Marzo 18	12. 0	5	30	25	SE forte	½ cop.	Agitato
	. 15	15	55 ?	* *			
»	13. 0	5	80	24	»	»	»
	. 5	15	64	12 *			
»	14. 0	5	74	12 *	»	»	»
	. 5	15	54	12 *			
»	15. 5	5	40	25 *	»	»	»
	. 10	15	38	11 *			
»	16. 0	5	15	24	»	»	»
	. 5	15	11	3			
»	17. 0	5	58	32	»	»	»
	. 5	15	42	34			
»	18. 0	5	104	30	»	»	»
	. 5	15	104	32			
»	19. 0	5	125	32	»	»	»
	. 5	15	100	31			
»	20. 10	5	113	32	»	»	»
	. 5	15	101	»			
»	21. 0	5	118	30	»	»	»
	. 10	15	97	32			
»	22. 2	5	100	30	»	»	»
	. 8	15	81	33			
»	23. 0	5	65	33	»	»	»
	. 5	15	50	31			
19	0. 0	5	41	31	»	»	»
	. 5	15	32	»			
»	1. 0	5	20	32	»	»	»
	. 5	15	24	35			
»	2. 0	5	18	30	»	»	»
	. 5	15	23	30 *			
»	3. 0	5	31	34 *	»	»	»
	. 5	15	30	»			
»	4. 0	5	61	32	»	»	»
	. 5	15	57	»			
»	5. 0	5	101	31	»	»	»
	. 5	15	103	»			
»	5. 45	5	112	31	»	»	»
	. 50	15	95	»			



§. 67 — Nei grafici della Fig. 14 sono rappresentati i dati di osservazione e i simultanei valori delle correnti superficiali nel centro del canale grande di Bab-el-Mandeb, staz. 120, quali risultano dalle tavole delle correnti (Cap. IV), nell'ipotesi che la corrente di deriva sia 80 cm : sec.

Riassumiano i fatti principali che emergono dall'esame di questi grafici:

1) Le curve di corrente, per la quota di m. 15, si differenziano poco da quelle di quota 5.

2) Sia le curve della staz. 80, come quelle della staz. 119, presentano forme molto diverse da quelle che prevalgono nel canale grande. La differenza più caratteristica è rappresentata dalla conformazione delle disuguaglianze diurne, che nel canale grande si manifestano principalmente con forti differenze tra i successivi massimi, e con deboli differenze tra i minimi (§. 61) mentre nel canale piccolo i massimi sono pressochè uniformi, e i minimi subiscono enormi fluttuazioni.

3) Le disuguaglianze tra i successivi minimi è così forte, che mentre uno di essi, nei due casi che consideriamo, rimane al di sopra dell'asse zero e quindi non rappresenta inversione di corrente, l'altro è situato normalmente al disotto dell'asse zero. L'ampiezza della fluttuazione tra il minimo inferiore e i massimi risulta quasi doppia di quella analoga al centro del canale grande.

4) Per quanto la mancanza di somiglianza tra le curve dei due canali non consenta di precisare esattamente i ritardi relativi tra le corrispondenti fasi di corrente, tuttavia dalla stima che si può fare sui grafici, risulta che tale ritardo è, in media, di circa un'ora e mezza. Tra la trasversale passante per il canale piccolo e quella per la stazione 120 corre una distanza di circa otto miglia. Qui ancora, come nel caso delle stazioni considerate nel §. 63, il ritardo è minore di quanto corrisponderebbe ad una propagazione per semplice scorrimento delle acque.

5) La corrente di deriva, tanto nella stazione 80, quanto nella 119, si presenta con valori quasi identici, circa 55 cm:sec. Ricordiamo che nelle epoche di queste stazioni, nel canale grande la corrente di deriva aveva il valore di circa 80 cm:sec.

Nel canale piccolo abbiamo perciò una diminuzione della corrente di deriva, e non un aumento, quale potrebbe essere supposto dati i bassi fondali. Questa diminuzione è certo in relazione colla opposta e debole corrente di deriva, che si ha sui bassifondi a nord di Perim.

6) Se minore è la corrente di deriva, maggiore, e con ampiezza quasi doppia, è quella di marea.

La corrente effettiva risulta quindi più veloce nel piccolo che nel grande stretto. Nella stazione 119 i massimi della corrente rivolta a nord-ovest sono pressochè identici a quelli del canale grande. Nella stazione 80, in cui anche tra i massimi successivi esistono differenze, nello stretto piccolo le massime correnti superano di circa un nodo quelle del grande canale. Quando in questo si hanno le minime correnti, in quello piccolo avviene inversione di flusso, e la corrente uscente dal mar Rosso può raggiungere allora oltre un nodo e mezzo.

7) Le quattro giornate di misurazioni fatte nello stretto piccolo, se consentono di trarre le precedenti conclusioni, non sono tuttavia sufficienti perchè si possa precisare il ritmo generale delle correnti in tutte le epoche lunari ed annuali. La mancanza di analogia tra il ritmo di tali correnti e quello dello stretto grande toglie la possibilità di rilevare, sia pure con lontana approssimazione, le costanti armoniche relative allo stretto piccolo. Per avere queste costanti è necessario eseguire, anche nel piccolo canale, una serie quindicinale di osservazioni orarie.

IL REGIME DELLE CORRENTI NEGLI STRETTI DI BAB-EL-MANDEB

§. 68 — Come riassunto dei risultati esposti, e tenendo presenti anche le notizie più attendibili dei portolani, cercheremo ora di precisare il ritmo e la distribuzione dei moti marini negli stretti di Bab-el-Mandeb.

Epoca invernale, da novembre ad aprile. — E' l'epoca dei monsoni da NE. nell'Indiano, e dei venti da SE nella zona di Bab-el-Mandeb.

1) La corrente di deriva è massima nei mesi da dicembre a febbraio; e in tutto il canale principale, sino presso le coste africane, essa scorre con velocità di circa 80 cm:sec (nodi 1,6). E' minore nei mesi che precedono o seguono; in marzo si riduce a circa 70 cm:sec; all'inizio di aprile raggiunge ancora circa 50 cm:sec. Valori di quest'ordine di grandezza si hanno probabilmente anche in novembre.

La corrente di deriva decresce verso i banchi sottomarini che si allineano a nord di Perim; ivi esiste una zona neutra, con velocità nulla (s'intende sempre di deriva), e a oriente di essa si ha debole corrente opposta, scendente quindi verso SE.

2) La corrente di marea presenta analogia di caratteri in tutta l'estensione del canale grande, dal punto esplorato dalla *Stork* (nove miglia a sud-ovest di Perim) sino alla sella che segna il confine tra il bacino marino del mar Rosso e quello del mare Arabico (12 miglia a NW di Perim). La corrente presenta lievi differenze di fase nel mare al largo di Perim; ma un graduale ritardo di propagazione si accentua più a nord. Tale ritardo è sempre minore di quello che corrisponderebbe a una trasmissione di moto per semplice scorrimento progressivo delle acque.

Se escludiamo le zone costiere e quelle dei bassi fondali, sul lato orientale della vallata marina, ove le perturbazioni locali provocano differenze più o meno sensibili, si hanno ovunque correnti di marea con caratteri molto affini. La valutazione delle correnti di marea può essere fatta perciò sulla base dei dati stessi calcolati per la stazione 120, nel Cap. IV. Si deve solo tenere conto che, procedendo verso nord, si ha un graduale ritardo, e verso sud un debole anticipo di fase.

3) Nel canale piccolo la corrente di deriva risulta inferiore di circa 25 cm:sec (mezzo nodo) rispetto a quella del canale principale. La corrente di marea è però molto più intensa, circa doppia, per cui la corrente effettiva presenta velocità maggiori. Inoltre la forma della corrente di marea si scosta notevolmente da quella prevalente nel canale grande. I valori delle tavole di corrente non sono perciò applicabili per previsioni accurate relative al canale piccolo.

4) Nella zona a nord del canale piccolo, tra la costa araba, l'isola di Perim e la dorsale sottomarina a nord di quest'isola, i moti marini risultano

piuttosto complessi; non si hanno elementi sufficienti per chiarirne l'andamento. La constatata corrente di deriva, rivolta a sud, sulla dorsale ora accennata, risulta in accordo colle notizie del «Red sea pilot», ricordate nel §. 7, secondo le quali la corrente entrante nel mar Rosso, dopo attraversato lo stretto piccolo, in parte sale a nord lungo la costa araba, in parte ripiega verso ovest, e poi nettamente a sud, costituendo una controcorrente che scende sino a lambire le coste occidentali dell'isola di Perim e a provocare turbolenze locali, per urto colla corrente entrante nel canale grande.

5) Le correnti di deriva, entranti in mar Rosso dominano, con velocità gradualmente decrescente, sino ad una profondità di circa 100 m. nella vallata principale dello stretto a nord-ovest di Perim; si abbassa verso profondità alquanto maggiori, a SW dell'isola, secondo il Gedge (§. 8).

Oltre i cento metri prende inizio una corrente opposta, che porta le acque del mar Rosso verso il mare Arabico. Tale corrente si intensifica gradualmente verso il fondo, e a 150 m. già raggiunge velocità dello stesso ordine di quelle superficiali (oltre un nodo e mezzo). I risultati della stazione 120 dicono che quando cresce la corrente superficiale di deriva, si intensifica anche la controcorrente di fondo; se la prima si indebolisce, decresce anche la seconda.

6) Le costanti armoniche delle correnti di marea subiscono variazioni deboli tra la superficie e i primi 50 metri, ove tali costanti presentano le minime ampiezze. Queste ampiezze crescono notevolmente negli strati inferiori, e raggiungono valori quasi doppi di quelli superficiali negli strati di fondo.

Le ampiezze non mutano tuttavia secondo rapporti uniformi, e negli strati inferiori ai cento metri risultano forme, in cui prevalgono i termini diurni, e quindi con disuguaglianze assai forti; in superficie invece le curve sono di tipo misto, le disuguaglianze assumono valori estremi solo in epoca di declinazione lunare massima, e si annullano con declinazione prossima a zero.

7) Rileviamo infine che i dati delle nostre ricerche si accordano bene con le notizie dei portolani, circa le valutazioni delle correnti di deriva e dei massimi valori delle correnti (da nodi tre a tre e un quarto). Ma si scostano da esse nelle caratteristiche attribuite alle correnti di marea.

Secondo queste notizie le correnti di marea sarebbero molto irregolari; il ritmo prevalente sarebbe diurno.

Ora abbiamo precisato che le irregolarità propriamente dette sono di ordine di grandezza così lieve, da essere praticamente trascurabili. Il ritmo delle correnti è simile a quello delle maree locali ed è figurato, in modo semplice, delle costanti armoniche i calcoli fatti a scopo di previsioni dànno risultati del tutto soddisfacenti (Cap. III e IV).

Il ritmo di marea è di tipo prevalentemente diurno solo negli strati di fondo. In quelli superiori si hanno forme miste tra la semidiurna e la diurna, e si possono avere, a seconda dell'epoca che si considera, sia oscillazioni semidiurne, con disuguaglianze appena percettibili, sia oscillazioni con forti disuguaglianze (§. 61). Comunque, entrambe le oscillazioni semidiurne sono sempre nettamente distinte in ogni ciclo diurno.

§. 69 — **Epoca estiva, da aprile a settembre.** — Non abbiamo dati precisi su questa epoca, in cui l'oceano Indiano è dominato dai monsoni da SW, e il mar Rosso meridionale dai venti da NW.

Per quanto concerne le correnti di sola marea valgono naturalmente sempre le stesse costanti armoniche, qualunque sia l'epoca dei dati usati per il calcolo di esse, poichè si tratta di fattori puramente astronomici, indipendenti dalle condizioni atmosferiche dell'epoca delle osservazioni. Per queste correnti valgono quindi le stesse conclusioni riferite nel numero precedente.

Invece per le correnti di deriva, legate all'epoca stagionale, in estate pare si abbiano condizioni opposte a quelle invernali. Le notizie del «Red sea pilot» (parag. 7) e quelle delle navi idrografiche italiane (parag. 9-12), sono generalmente in pieno accordo nell'affermare il dominio di una corrente di deriva uscente superficialmente dal mar Rosso, durante i mesi estivi, con velocità non molto esattamente definita, valutata fra 10 e 30 miglia al giorno, vale a dire fra 0,4 e 1,2 miglia all'ora. Si tratta di valori notevolmente minori di quelli della corrente di deriva invernale.

I valori maggiori attribuiti dal comandante della R. nave *Volturno*, riferiti nel §. 9, non sembrano molto attendibili, come non lo sono quelli attribuiti alla corrente invernale; la stima errata è spiegabile colle ragioni esposte nel §. 1. La valutazione fatta dal comandante della R. nave *Giuliana*, riferita nel §. 11, circa l'azione dei monsoni estivi sulle correnti, è opposta a quella comunemente accettata, e non può essere invocata per spiegare la presenza di eventuali correnti contrarie nella parte nord del canale di Massaua.

I controlli fatti dalle navi inglesi, ricordati nel «Red sea Pilot» (§. 7), sembrano decisivi su questo argomento, per quanto lascino incerta la stima quantitativa della velocità. Nelle indicazioni poste nelle tavole delle correnti abbiamo adottato, in via provvisoria, questi valori, che solo accurate misurazioni future potranno definitivamente correggere e fissare: corrente di deriva quasi nulla in maggio e ottobre; corrente di deriva rivolta verso SE nei mesi da giugno a settembre, con velocità di circa 30 cm:sec (0,6 miglia per ora) in giugno e settembre, e di 50 cm:sec (un miglio per ora) in luglio ed agosto.

CAPITOLO VI

Il regime delle correnti nel Mar Rosso meridionale e nel Golfo di Suez

§. 70 — A nord degli stretti di Bab-el-Mandeb abbiamo scelto quattro linee trasversali, sulle quali concentrare le ricerche consentite dal tempo limitato che potevamo avere a disposizione:

1. Linea Assab-Mokha;
2. » Gebel Abayil-Khor Ghuleifakeh;
3. » Isola Zebayir-Ras Shakhs;
4. » del parallelo 16° 50′ (Tra gli arcipelaghi Dahalak-Farisan).

Per ragioni esposte (§. 63) le misure furono eseguite su fondali piuttosto bassi, e quindi a non grande distanza dalle coste.

A questa limitazione nella scelta dei punti, si aggiunsero spesso condizioni così gravi di tempo e di mare, da provocare interruzioni di serie già bene avviate di misure, o da impedire l'esecuzione di stazioni progettate.

Molte misure furono eseguite in così pessime condizioni di mare e di vento, che a mala pena si riusciva ad eseguire le manovre. Singoli dati, misurati in tali condizioni, possono riuscire notevolmente alterati dal beccheggio fortissimo e dalle fluttuazioni della nave.

TRASVERSALE: SCOGLI SCILLA - COSTA SUD DI MOKHA

§. 71 — Nella zona a nord degli scogli Scilla (parallelo 13° 8′) vennero eseguite le stazioni:

N° 84, nei giorni 20-21 dicembre 1923;
» 87, nei giorni 21-22 dicembre 1923.

Entrambe le stazioni furono effettuate colla R. Nave *Magnaghi*, e con il correntometro Ekman-Merz N° 27.

Presentiamo nei quadri seguenti i dati rilevati nelle misure.

STAZIONE 84 (*profondità m. 42 - località' SW di Mokha*)
87 (*profondità m. 42 - località scogli Scilla*)

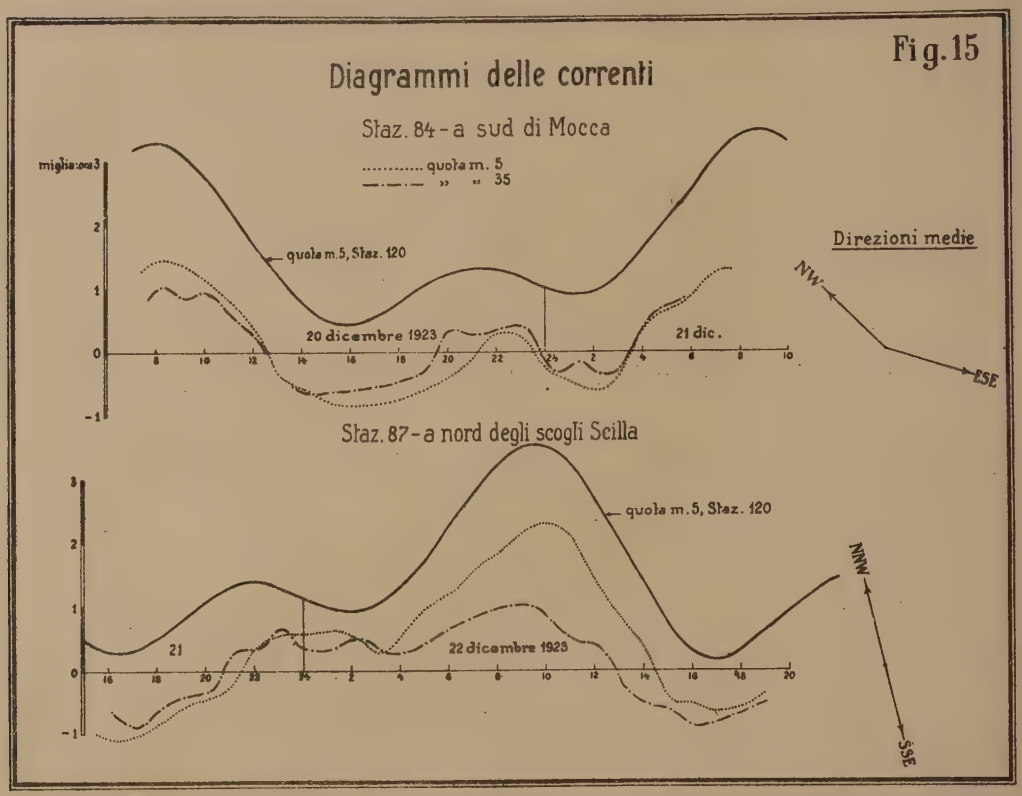
Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/see	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 84							
1923	7. 25	5	63	34	NW	$\frac{3}{4}$ cop.	Mosso
Dicemb.	. 30	15	60	»	deb.		
20	. 40	40	35	33			
»	8. 0	5	72	34	»	»	»
	. 6	15	71	34			
	. 12	40	51	14 ?			
»	8. 55	5	69	34	»	»	»
	9. 0	15	63	»			
	. 6	35	43	33			
»	10. 0	5	56	33	»	sereno	»
	. 5	15	56	34			
	. 12	35	46	34			
»	10. 55	5	41	30*	»	»	»
	11. 0	15	40	33			
	. 7	35	28	»			
»	12. 0	5	20	26	»	»	»
	. 15	15	20	27			
	. 21	35	12	2			
»	13. 0	5	16	20	»	$\frac{1}{4}$ cop.	»
	. 5	15	15	8			
	. 10	35	18	20 *			
»	14. 2	5	29	18	»	sereno	»
	. 7	15	23	13			
	. 12	35	30	19			
»	15. 0	5	38	17	»	»	»
	. 5	15	37	13			
	. 11	35	32	18			
»	16. 0	5	42	15	»	»	»
	. 5	15	37	»			
	. 10	35	30	16			
»	17. 2	5	41	16	»	»	»
	. 7	15	36	17			
	. 12	35	27	13			
»	18. 0	5	38	17	»	»	»
	. 5	15	26	16			
	. 10	35	24	10			
»	19. 0	5	30	14	NNW	»	»
	. 5	15	20	18	deb.		
	. 10	35	18	8			
»	20. 2	5	22	16	NW	»	»
	. 7	15	14	24	mod.		
	. 12	35	17	2			
»	21. 0	5	9	—	»	»	»
	. 5	15	23	24			
	. 11	35	13	31			
Dicemb.	22. 0	5	14	8*	NW	Sereno	Mosso
20	. 6	15	16	22	mod.		
	. 11	35	16	26			
»	23. 0	5	12	1	»	»	»
	. 5	15	15	34 *			
	. 10	35	18	3			
21	0. 1	5	15	22	»	»	»
	. 6	15	21	5			
	. 15	35	20	22 *			
»	1. 0	5	23	22	»	$\frac{1}{4}$ cop.	»
	. 5	15	13	6			
	. 10	35	9	23			
»	2. 15	5	31	22	»	»	»
	. 5	15	15	5			
	. 10	35	20	22			
»	3. 0	5	21	3?	»	»	»
	. 4	15	23	24			
	. 10	35	16	3?			
»	4. 2	5	17	0	»	»	»
	. 7	15	26	—			
»	5. 15	5	34	31	»	»	
	. 20	15	42	32			»
	. 25	35	37	34			
»	6. 0	5	43	34	»	$\frac{3}{4}$ cop	»
	. 5	15	46	»			
	. 10	35	44	35			
»	7. 0	5	61	34	»	»	»
	. 5	15	60	33			
	. 10	35	63	34			
»	7. 45	5	74	35	»	»	»
Staz. 87							
1923	16. 0	5	54	11	NW	sereno	»
Dicemb.	. 5	15	44	12	deb.		
21	. 10	35	31	13			
»	17. 2	5	53	10	»	»	»
	. 7	15	45	13			
	. 13	35	45	»			
»	18. 0	5	44	12	NNE	»	»
	. 5	15	30	13	deb.		
	. 11	35	29	25			
»	19. 0	5	29	11	NW	»	»
	. 5	15	21	10	deb.		
	. 10	35	19	»			
»	20. 0	5	23	12	»	$\frac{3}{4}$ cop.	»
	. 6	15	25	13			
	. 12	15	16	7			

STAZIONE 87 (*Continuazione e fine*)

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1923	21. 2	5	12	11	NE	¾ cop.	Mosso
Dicemb.	. 7	15	17	11	deb.		
21	.12	35	13	0			
»	22. 0	5	17	32	»	coperto	»
	. 7	15	13	2			
	.20	35	17	31			
»	23. 0	5	28	32	NE	»	»
	. 5	15	27	27	mod.		
	.15	35	33	35*			
22	0. 0	5	28	31	NE	¾ cop.	»
	. 5	15	14	1	deb.		
	.10	35	15	1			
»	1. 0	5	31	29	»	»	»
	. 6	15	12	1			
	.11	35	16	3			
»	2. 0	5	27	31	»	»	»
	. 5	15	19	» »			
	.10	35	23	4			
»	3. 0	5	12	31	»	»	»
	. 5	15	20	35			
	.10	35	15	5			
»	4. 0	5	59?	34	»	»	»
	. 5	15	28	34			
	.11	35	13	4			
»	5. 0	5	48	32	»	»	»
	. 5	15	40	» »			
	.10	35	21	35			
»	6. 0	5	58	32	»	»	»
	. 5	15	52	» »			
	.10	35	33	» »			
»	7. 2	5	77	32	»	sereno	»
	. 6	15	94	33			
	.12	35	41	30			
»	8. 0	5	90	32	SW	»	»
	. 5	15	85	33	deb.		
	.10	35	48	31			
»	9. 5	5	107	32	»	»	»
	.10	15	88	33			
	.15	35	49	31			
»	10. 0	5	114	33	»	»	»
	. 6	15	95	» »			
	.22	35	37	30			
»	11. 3	5	109	32	S deb.	»	»
	. 9	15	79	» »			
	.15	35	22	30			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Dicemb.	12. 5	5	69	32	S	Sereno	Mosso
22	.10	15	38	31	deb.		
	.25	35	18	26			
»	13. 0	5	38	35	»	»	»
	. 5	15	13	29			
	.10	35	15	20			
»	14. 0	5	16	1	»	»	»
	. 5	15	20	8			
	.10	35	27	**			
»	15. 0	5	25	25*	SE	»	»
	. 5	15	34	12	mod.		
	.10	35	33	14			
»	15. 55	5	27	10*	SE	»	agitato
	16. 0	15	44	12	abb.		
	. 5	35	48	14	forte		
»	17. 0	5	34	7	»	»	»
	. 5	15	49	11			
	.10	35	39	14			
»	18. 0	5	30	8	»	»	»
	. 5	15	37	11			
	.10	35	33	14			
»	19. 0	5	21	4	SE	»	»
	. 5	15	37	9	forte		
	.10	35	26	18			
»	19. 45	5	41	5	»	»	»

§. 72 — Nella Fig. 15 sono messi in evidenza i dati osservati. Venne omessa la curva di quota 15, generalmente intermedia fra quelle di superficie e di fondo, salvo in qualche punto ove la direzione pare subisca notevoli deviazioni.



I grafici sono messi a confronto colla curva delle correnti che simultaneamente si hanno al centro dello stretto di Bab-el-Mandeb staz. 120, curva costruita in base ai dati delle tavole delle correnti date nel Cap. IV.

Nel grafico della staz. 84 la curva di quota 35 m., prossima al fondo, si differenzia da quella superficiale solo per ampiezze alquanto maggiori nelle oscillazioni, e per la presenza di ondulazioni secondarie di breve periodo. Nella staz. 87 invece si verifica il fatto generale, riscontrato a Bab-el-Mandeb, che le fluttuazioni decrescono nei primi strati sotto la superficie, e inoltre diminuisce pure la corrente di deriva.

Il carattere principale, che emerge dal confronto tra le curve superficiali, è una piena affinità nella forma. Con semplice traslazione la curva di Bab-el-Mandeb viene a sovrapporsi, con singolare approssimazione, alle curve delle stazioni 84 e 87. Ciò significa che *il ritmo delle correnti di marea si mantiene sensibilmente invariato tra Perim e l'arcipelago al largo di Assab; le perturbazioni locali sono di ordine secondario.*

Una lieve diminuzione di ampiezza comincia a manifestarsi nella staz. 84; ma nella 87 si hanno ampiezze pressochè identiche a quelle dello stretto di Bab-el-Mandeb.

I ritardi di fase tra corrispondenti punti delle curve si mantengono sensibilmente uguali a quelli che già esistevano nelle stazioni 82 e 83 (Ras Dumeira e banchi sottomarini a nord di Perim), come se le onde costituenti le correnti di marea si presentassero in piena concordanza di fase, per larga zona, attorno alle adiacenze della sella (12 miglia a nord di Perim) ove esistono le minime profondità della valle congiungente i due bacini marini.

§. 73 — La piena affinità tra le curve di corrente di marea contrasta con le forti differenze che presentano invece le correnti di deriva.

Abbiamo infatti questi valori, nell'epoca considerata:

Correnti di deriva,	Bab-el-Mandeb,	quota	5, + 80	cm/sec;
»	»	»	30, + 50	»
»	stazione 84,	»	5, + 6	»
»	»	»	35, + 10	»
»	stazione 87,	»	5, + 26	»
»	»	»	35, + 8	»

La corrente di deriva, in tutta l'estensione marina, sale verso l'interno del mar Rosso. Fà eccezione la sola zona dei bassifondi a nord di Perim (§. 64). Nei punti delle stazioni 84 e 87, la corrente di deriva è fortemente indebolita, riducendosi a 26 cm/sec a nord degli scogli Scilla, e a 6 cm/sec verso la costa araba. Probabilmente nella parte centrale si hanno valori più elevati. Come negli stretti di Bab-el-Mandeb, così in questa zona, la corrente si indebolisce negli strati inferiori; solo presso la costa araba subisce un lieve aumento.

Quanto alla direzione, la corrente è orientata in generale parallelamente all'asse marino, e quindi verso NNW o NW, se la corrente è entrante; verso SSE, se è uscente. In prossimità delle ore di inversione, specialmente negli strati inferiori, la corrente subisce una girazione rapida, e quindi deviazioni trasversali; è difficile allora stabilire una separazione netta tra corrente positiva (rivolta a nord) e negativa (rivolta a sud).

Nella stazione 87 la direzione dei flussi è talora così alterata, che la corrente uscente dal mar Rosso piega quasi verso est e quella entrante verso ovest: ciò è dovuto alle influenze del bacino di Assab e delle isole a sud-est del punto stazione.

§. 74 — Il «Red sea pilot» così descrive le correnti nelle prossimità degli scogli Scilla:

« La corrente è forte e generalmente parallela alla linea dei rilievi, ma talora è inclinata verso di essi; su questo punto deve essere richiamata l'attenzione dei naviganti.

La corrente massima a SE di Ras Makaua fu osservata raggiungere anche 4 nodi, con forti venti da SE ».

Questa descrizione si accorda con quella da noi data quanto alla direzione dei flussi. Quanto ai massimi valori delle correnti, osserviamo che la corrente di marea, in tutta questa zona marina (salvo forse le insenature tra le isole), è praticamente identica a quella di Bab-el-Mandeb; per raggiungere 4 nodi bisognerebbe ammettere una corrente di deriva pari almeno a due nodi, molto superiore cioè a quella stessa di Bab-el-Mandeb. Vero è che il punto a cui

si riferisce il «Red sea Pilot» è presso l'ingresso del canale Rubattino. La corrente, già forte nella zona esterna agli scogli, come quella della staz. 87 in cui si raggiunsero quasi due nodi e mezzo pur con vento contrario, deve certamente risultare maggiore in tale punto, che non nella zona della stazione 87.

Durante i minimi principali della corrente di marea vi è inversione di corrente.

§. 75 — Per le adiacenze costiere tra Mokha e Perim, ove è la stazione 84, il «Red sea pilot» dice che la corrente di marea è alternata secondo la marea, e che i massimi sono compresi tra uno e due nodi. Inoltre tale corrente è molto perturbata dal vento.

La corrente di deriva è rivolta a NW in inverno e in primavera, mentre in estate, singole esperienze, fatte in diversi punti tra Perim e Mokha, indicano l'esistenza di una corrente rivolta verso Perim, ma anche l'esistenza di epoche senza corrente di deriva.

Le nostre determinazioni precisano che il ritmo della corrente di marea è sostanzialmente quello stesso che si ha a Bab-el-Mandeb, con ampiezze lievemente attenuate, e con un ritardo di fase tra una e due ore; e che la corrente di deriva è molto debole. La presenza di venti da NW contribuì forse a provocare questa diminuzione, come risulta dai valori maggiori che la corrente di deriva conserva a quote inferiori. Anche nella stazione di Scilla, fatta subito dopo, e ancora sotto l'azione di venti da nord, la corrente di deriva risultò minore che a Bab-el-Mandeb, ma più veloce che a sud di Mokha. Vedremo, come fatto generale, che sulla costa africana la corrente di deriva rivolta a settentrione risulta sempre maggiore di quella che domina verso la costa araba, a pari latitudine.

A causa del minor valore delle correnti di deriva, presso le coste orientali del mar Rosso, la corrente di marea risulta prevalente, e le inversioni di corrente sono più regolari che sulle coste occidentali, ove possono anche mancare, durante i periodi invernali.

I massimi della corrente di marea, dati dal portolano inglese, sono in pieno accordo colla constatazione da noi fatta che tali correnti sono quasi identiche a quelle di Bab-el-Mandeb. Ove infatti si osservano correnti maggiori, come a Ras Makaua, ciò proviene dal fatto che, in tali siti, la corrente di marea e quella di deriva subiscono influenze di carattere locale.

§. 76 — Nella relazione dei lavori compiuti dalla nave a. u. *Pola* (parag. 13), il Luksch dà una figurazione generale delle correnti del mar Rosso, che possiamo facilmente controllare sulla base dei nostri risultati. Le correnti figurate dal Luksch non sono quelle effettive, ma semplicemente le correnti che risultano astraendo dalle fluttuazioni dovute alle maree; sono quindi le correnti progressive, o di deriva. Il Luksch traccia la sua figurazione su questa direttiva: nel mar Rosso esistono correnti costiere, di tipo analogo a quelle che dominerebbero nell'Adriatico, ascendenti lungo la costa araba, discendenti lungo quella africana; in diverse zone si avrebbero inoltre correnti derivate trasversali. Unica base per le deduzioni del Luksch sono le linee termo-aline invernali.

Per quanto riguarda la parte inferiore del mar Rosso, le misurazioni nostre dimostrano che la figurazione del Luksch non ha alcuna corrispondenza coi moti reali. La corrente di deriva si protende dal mare Arabico verso l'interno del mar Rosso investendo il mare in tutta la sua larghezza, senza dare luogo a controcorrenti superficiali. L'esistenza di una corrente ciclica costiera è una pura fantasia. Ove il Luksch pone la corrente discendente, esiste invece la massima corrente ascendente.

TRASVERSALE GEBEL ABAYIL - KHOR GHULEIFAKEH

§. 77 — Fra i paralleli 13° e 14°, la parte centrale del mar Rosso è sbarrata da una serie di numerose isole, fra le quali figurano Gebel Zucur e Hanish. Questo arcipelago costituisce un'ostruzione notevole nel libero decorso dei flussi marini. Non avendo possibilità di compiere estese esplorazioni in questa zona, abbiamo dovuto limitarci a due stazioni di misura agli estremi settentrionali dei grandi canali compresi fra le isole e le coste continentali:

Staz. 103, al largo di Khor Ghuleifakeh, presso la costa araba, dal 25 al 26 gennaio 1924;

Staz. 124, presso l'isola Gebel Abayil, a occidente, nei giorni 5-6 aprile 1924.

Entrambe le stazioni furono fatte colla R. nave «Ammondi»; nella prima le misure furono effettuate con correntometro Ekman-Merz N° 27; nella seconda con apparecchio Boccardo.

Oltre a queste due stazioni furono eseguite anche misure nell'ancoraggio di Rakhmat; ma i dati ivi raccolti sono di scarso valore nello studio della distribuzione generale delle correnti.

Diamo nel seguito i dati rilevati in queste stazioni.

STAZIONI 103 (*profondita' m. 50*) - *Localita': Khor Ghuleifakeh*; - 124 (*profondita' m. 45*) - *Localita': Gebel Abayil.*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 103							
1924	4. 30	5	43	31	SE	¾ cop.	Agitato
Gennaio	. 37	20	47	32	mod.		
25	. 45	40	31	» »			
»	6. 0	5	34	32	»	»	»
	. 6	20	41	33**			
	. 12	40	28	30			
»	8. 0	5	34	32	»	»	»
	. 5	20	31	33			
	. 10	40	32	» »			
»	10. 2	5	43	34	SE	½ cop.	»
	. 8	20	48	33	deb.		
	. 15	40	44	31			
»	11. 15	5	43	32	»	»	»
	. 22	20	66	34			
	30	40	45	» »			
»	13. 0	5	67	33	»	»	»
	. 5	20	62	34			
	. 10	40	42	» »			
»	14. 30	5	53	32	»	»	»
	. 36	20	51	34			
	. 42	40	42	» »			
»	16. 0	5	48	32	»	»	»
	. 5	20	29	33			
	. 12	40	28	32			
»	17. 15	5	37	32	»	»	»
	. 20	20	21	0			
	. 25	40	8	5			
»	19. 0	5	12	28	»	»	legg.
	. 5	20	17	27			agitato
	. 10	40	19	4			
»	20. 30	5	17	24	»	»	»
	. 35	20	26	22			
	. 40	40	16	7			
»	22. 0	5	16	26	SE	sereno	molto
	. 5	20	26	27	abb.		agitato
	. 10	40	16	7	forte		
26	0. 15	5	22	29	»	»	»
	. 20	20	18	28			
	. 25	40	22	34			
»	2. 0	5	27	33	»	»	»
	. 5	20	30	34			
	. 10	40	40	**			
»	4. 0	5	46	31	»	»	»
	. 6	20	39	32			
	. 12	40	36	» »			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Gennaio	6. 0	5	38	35	SE	Sereno	molto
26	. 5	20	43	32	abb.		agitato
	. 40	40	21	33*	forte		
Staz. 124							
1924	15. 30	5	43	34	SE	»	»
Aprile	. 35	15	48	32	forte		
5	. 40	35	50	33?			
»	17. 5	5	47	24?	»	»	»
	. 10	15	54	32			
	. 15	35	55	21			
»	18. 0	5	47	29	»	»	»
	. 4	15	53	34			
	. 8	35	61	17			
»	19. 0	5	50	33	»	»	»
	. 4	15	55	34			
	. 10	35	61	29			
»	20. 0	5	52	31	»	»	»
	. 4	15	65	» »			
	. 8	35	?	—			
»	21. 0	5	54	32	»	»	»
	. 4	15	57	31			
	. 8	35	57	21			
»	22. 0	5	58	31	»	»	grosso
	. 4	15	49	32			
	. 7	35	57	23			
	. 12	25	57	26			
»	23. 0	5	61	33	»	»	»
	. 4	15	69	30			
	. 9	35	53	20			
6	0. 0	5	58	34	»	»	»
	. 5	15	47	» »			
	. 10	35	47	26			
»	1. 0	5	47	33	»	»	»
	. 5	15	40	» »			
	. 10	35	45	20			
»	2. 0	5	48	31	»	»	»
	. 5	15	59	34			
	. 10	35	47	22			
»	3. 0	5	40	31	»	»	agitato
	. 5	15	38	33			
	. 10	35	47	27			
»	4. 3	5	41	35	»	»	»
	. 7	15	40	3			
	. 11	35	42	22			

STAZIONI 124 (*Continuazione e fine*); 96-105 (*profondità m. 11*) - *Localita'*: *Rakhmat.*

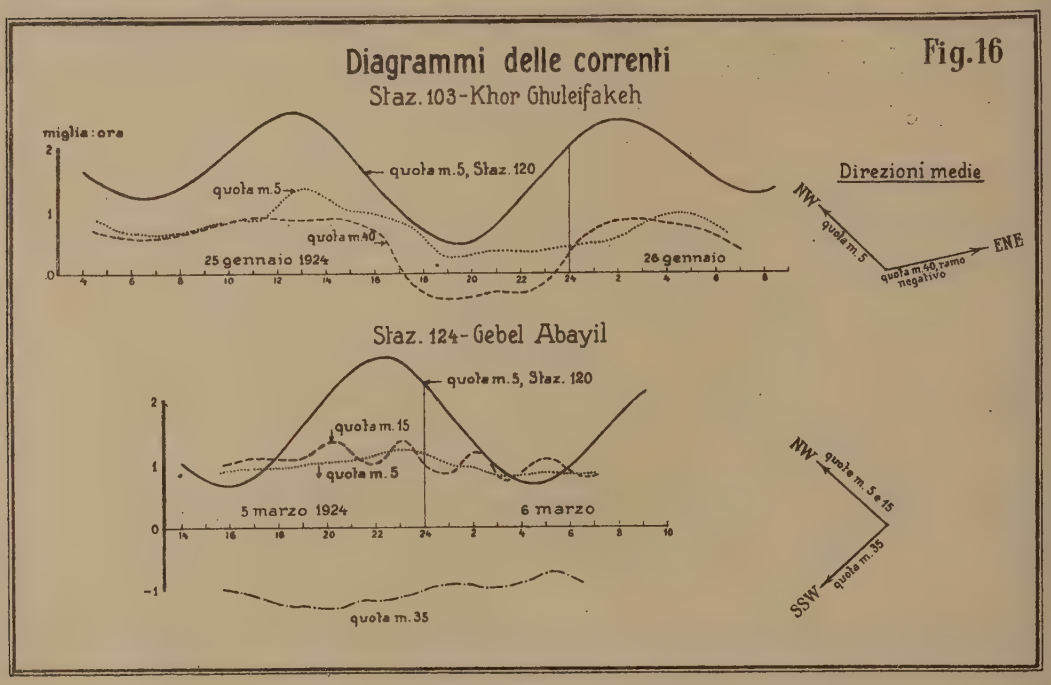
Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1924 Aprile 6	5. 0	5	44	35	SE forte	Sereno	Agitato
	. 4	15	53	29			
	. 9	35	35	22			
»	6. 0	5	42	33	»	»	»
	. 5	15	41	30			
	. 10	35	44	22			
»	7. 0	5	43	31	»	»	»
	. 5	15	40	2			
	. 8	35	40	24			
	. 12	25	41	28			
Staz. 96 —105							
1924 Genn. 4	15.	5	28	2	SE forte	Sereno	Agitato
	17. 10	5	18	28	»	»	»
	19.	5	32	27	»	»	»
	21.	5	32	26	»	»	»
	23.	5	23	27	»	»	»
5	1.	5	19	8	SE mod.	»	mosso
	3.	5	9	29	»	»	»
	5.	5	21	26	»	»	»
30	13. 30	7	23	4	SE abb.	»	»
	17.	7	40	26	forte	»	»

§. 78 — Nei grafici della Fig. 16, oltre ai dati osservati nelle stazioni 103 e 124, vennero anche tracciate, come nei casi già considerati, le curve relative alle correnti che contemporaneamente si hanno nel canale grande di Bab-el-Mandeb.

La stazione di Khor Ghuleifakeh presenta, in superficie, curve di corrente ancora affini a quelle di Bab-el-Mandeb, per quanto ridotte a circa metà ampiezza e notevolmente alterate nella forma. Il ritardo dei massimi e dei minimi, rispetto a quelli della stazione 120, è di poco superiore a quello stesso che si aveva nella zona degli scogli Scilla.

La curva di m. 20 è analoga a quella superficiale. Quella di quota 40, prossima al fondo, si accorda pure con quella superficiale, nella fase in cui è rivolta nettamente verso NW. In prossimità del minimo più accentuato tale corrente si orienta verso ENE, cioè a dire verso la costa, mentre contemporaneamente la corrente superficiale si inclina maggiormente verso ponente. In queste condizioni le due correnti si trovano in direzioni opposte; ma queste direzioni,

per la posizione trasversale che assumono, non possono più propriamente essere distinte in correnti ascendenti (positive), o discendenti (negative). Dopo la fase del minimo le due correnti tornano ad essere orientate parallelamente alla costa.



La corrente di deriva è molto più elevata che sulla costa di Mokha, raggiungendo circa nodi 0,7 nell'epoca delle osservazioni (gennaio vento da SE). Questo elevato valore dipende forse dalla ostruzione che le isole della parte centrale del bacino oppongono al deflusso della corrente di deriva, per cui questa si riversa nelle due zone costiere laterali.

La stazione di Gebel Abayil, presso la costa africana, è caratterizzata da correnti di marea molto attenuate (un terzo di quelle di Ghuleifaken), ma ancora affini a quelle prevalenti nel mar Rosso meridionale. Alla quota di 15 m., alle fluttuazioni di marea si aggiunge una tipica oscillazione con periodo di circa tre ore, che si ripete in modo costante per tutta la stazione, e non trova riscontro col ritmo della corrente superficiale e di fondo.

Questa stazione venne eseguita al ritorno verso Massaua, dalla spedizione di Bab-el-Mandeb. La corrente di deriva ha lo stesso valore che si era trovato negli ultimi giorni a Bab-el-Mandeb, dalla superficiale sino verso 20 metri: circa 50 cm/sec (un nodo).

Il forte vento da Sud Est può aver contribuito a determinare un così alto valore in tale epoca. Sotto i 20 metri la corrente presenta una graduale deviazione verso ovest, e a 35 m. è orientata fra SW, e SSW. La corrente è ad angolo retto colla direzione di quella superficiale, parallela all'asse del mare. Nel grafico la curva venne disegnata considerando le velocità come negative,

rivolte cioè verso la parte inferiore del mar Rosso; ma in realtà si tratta di corrente rivolta verso la costa, per speciali condizioni morfologiche locali, e quindi indeterminata quanto al verso ascendente o discendente che può avere.

I dati raccolti nell'ancoraggio di Rakhmat, per quanto non si prestino a considerazioni di indole generale, dicono però che anche nei bassi fondali dell'insenatura la corrente di marea è sensibile e presenta inversioni. Le direzioni sono dipendenti dalle posizioni dei punti che si considerano rispetto alle coste e alle isole di questo ridosso.

§. 79 — In conclusione, i pochi dati che possediamo sembrano sufficienti a mettere in rilievo che le correnti di marea sono ancora sensibili in tutta la zona, specialmente nella parte orientale di essa, a nord di Gebel Zucur e di Abu Ail; e che le fluttuazioni, per quanto molto attenuate, sono ancora simili a quelle proprie dell'estremo meridionale del mar Rosso.

La corrente di deriva è diretta ancora verso NW, ed è molto più intensa verso la costa africana che su quella araba, tanto che a Gebel Abayil costituisce, da sola, la quasi totalità della corrente effettiva.

Mentre negli strati superiori la corrente è diretta come l'asse marino, verso il fondo si hanno, o permanentemente, (Gebel Abayil), o solo nella fase dei minimi (Ghuleifakeh), correnti trasversali dirette verso le coste adiacenti.

TRASVERSALE: ISOLA ZEBAYIR - RAS SHAKHS

§. 80 — Come nella seconda trasversale, le misure vennero limitate a due stazioni, nelle zone costiere laterali:

N° 90, fra le isole Zebayir e la costa araba, nei giorni 26-27 dicembre 1923;

N° 93, al largo di Ras Shakhs, sul lato occidentale del mare, nei giorni 28-29 dicembre 1923.

Entrambe le stazioni furono effettuate colla R. Nave «Magnaghi», usando il correntometro Ekman-Merz N° 27.

Presentiamo nel quadro seguente i dati osservati.

STAZIONI 90 (*profondita' m. 38*) - *Localita': fra Kamaran e Zebayir;*
93 (*profondita' m. 43*) - *Località: Ras Shakhs.*

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 90							
1923 Dicemb. 26	11. 0	5	18	32	SSW deb.	Sereno	Mosso
	. 5	15	23	31			
	. 10	30	9	29			
»	12. 0	5	26	29	»	»	»
	. 5	15	14	0			
	. 10	30	12	29			
»	13. 2	5	24	33	»	»	»
	. 7	15	12	1			
	. 12	30	13	28			
»	14. 0	5	22	35	»	»	»
	. 5	15	20	29			
	. 12	30	10	22			
»	15. 0	5	32	32	»	»	»
	. 5	15	14	0			
	. 10	30	21	28			
»	16. 15	5	17	32	»	»	»
	. 5	15	27	28			
	. 10	30	7	—			
»	17. 0	5	21	31	S deb.	»	»
	. 5	15	14	27			
	. 10	30	13	» »			
»	18. 0	5	19	34	»	»	»
	. 6	15	26	29			
	. 10	30	25	27			
»	19. 0	5	18	32	»	»	»
	. 5	15	17	33			
	. 10	30	21	» »			
»	20. 2	5	21	33	»	»	»
	. 7	15	27	32 *			
	. 12	30	13	» »			
»	21. 0	5	20	30	»	»	»
	. 5	15	14	34			
	. 10	30	11	—			
»	22. 0	5	34	2	S abb. forte	»	»
	. 5	15	32	27			
	. 10	30	20	3			
»	23. 0	5	18	0	S mod.	»	»
	. 5	15	22	33			
	. 10	30	18	23			
27	0. 2	5	17	1	»	»	»
	. 7	15	19	3			
	. 12	30	11	32			
»	1. 0	5	40	33	»	»	»
	. 5	15	41	33			
	. 10	30	34	29			

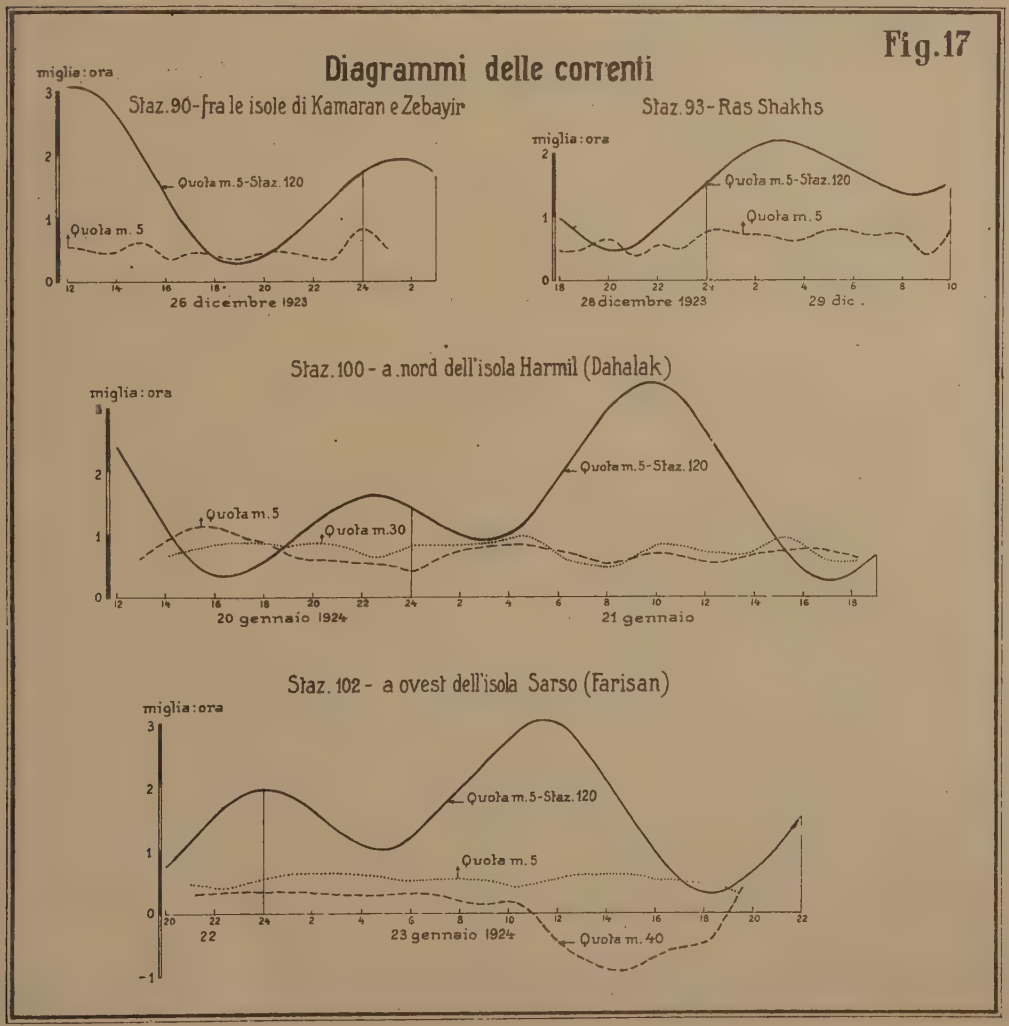
Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1923 Dicemb. 27	2. 0	5	26	33	S mod.	1/4 cop.	Mosso
	. 5	15	23	34			
	. 10	30	12	3			
Staz. 93							
Dicemb. 28	17. 20	5	24	30	SSE abb. forte	Sereno	Agitato
	. 30	15	31	» »			
	. 35	35	19	32			
»	18. 50	5	24	31 *	»	»	»
	. 55	15	34	0			
	19. 0	35	34	25			
»	19. 55	5	32	27	SSE deb.	»	»
	20. 0	15	42	0			
	. 5	35	16	24			
»	21. 0	5	16	26	»	»	»
	. 5	15	28	2			
	. 10	35	22	22			
»	22. 0	5	28	6	SE abb. forte	»	»
	. 5	15	17	1			
	. 10	35	19	0			
»	23. 0	5	24	1	»	»	»
	. 6	15	23	26			
	. 12	35	11	32			
29	0. 0	5	37	0	»	»	»
	. 5	15	28	29			
	. 10	35	42	25			
»	1. 0	5	37	30	»	»	»
	. 5	15	40	1			
	. 10	35	30	27			
»	2. 0	5	35	34	»	»	»
	. 5	15	30	25			
	. 10	35	25	27 *			
»	3. 2	5	32	0	»	»	»
	. 7	15	38	30 *			
	. 12	35	43	25			
»	4. 0	5	32	33	»	»	»
	. 5	15	35	24			
	. 10	35	14	34			
»	5. 0	5	38	30	»	»	»
	. 5	15	40	30			
	. 15	35	28	33 *			
»	6. 0	5	37	32	SE deb.	»	mosso
	. 5	15	50	0			
	. 10	35	14	33			
»	7. 0	5	35	30	»	»	»
	. 5	15	30	35			
	. 10	35	22	35			

STAZIONE 93 (*Continuazione e fine*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1923	8. 2	5	36	34	SE	Sereno	Mosso
Dicemb.	. 6	15	22	33	deb.		
29	. 11	35	30	26			
»	9. 0	5	18	34	SSE	»	agitato
	. 5	15	30	29	abb.		
	. 10	35	15	9	forte		
»	9. 50	5	41	27	»	»	»
	. 55	15	41	0			
	10. 0	35	40	25			

§. 81 — I grafici della Fig. 17 rappresentano i dati di osservazione e i valori contemporanei nello stretto di Bab-el-Mandeb.

Fig.17



I due fatti essenziali che risultano dall'esame dei lati e dal confronto sono:

1) La corrente di marea cessa di essere sensibile alla latitudine che consideriamo: le curve di corrente si riducono a linee parallele all'asse delle ascisse, perturbate solo da fluttuazioni di breve periodo e di limitata ampiezza. Cessa quindi anche ogni rapporto definito coll'andamento delle correnti di marea nel mar Rosso meridionale;

2) La corrente è costituita da un flusso stazionario, e quindi da semplici moti di deriva. Nell'epoca considerata tale flusso è ancora rivolto nella direzione generale dell'asse marino, verso NW, come in tutta la parte inferiore del mar Rosso. Prevale corrente più intensa verso la costa africana, con circa 30 cm:sec (nodi 0,6) a Ras Shakhs, che su quella araba, ove si hanno circa 24 cm:sec (nodi 0,5). La differenza tra le due correnti è tuttavia assai piccola e minore di quanto siasi verificato nelle zone meridionali.

Negli strati prossimi al fondo la corrente è più debole, ma presenta deviazioni notevoli in direzione, così da rendere incerta la distribuzione tra corrente ascendente e discendente.

Constatata l'esistenza di correnti permanenti, la durata delle stazioni venne limitata a intervalli più brevi di quelli adottati nelle precedenti stazioni, essendo superfluo, in casi simili, proseguire lungamente le determinazioni.

§. 82 — Il «Red sea pilot» parla di correnti di marea nel canale di accesso all'ancoraggio di Kamaran, con velocità massime di nodi 1,25. Questo massimo corrisponde a quello da noi verificato al largo di Zebayir; ma in quest'ultima località non può essere ascritto a corrente di marea, che manca, ma solo a moto di deriva. Può darsi che nel canale di Kamaran, ove la marea raggiunge dislivelli di metri 1,30, sia sensibile anche una corrente di marea. Ma il valore di nodi 1,25 è probabilmente derivato in massima parte dalla corrente permanente di deriva.

TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DEL PARALLELO 16° 50'

§. 83 — Per esplorare il regime delle correnti fra gli arcipelaghi Dahalak e Farisan, vennero compiute due stazioni alla latitudine di circa 16° 35':

N° 100, a nord dell'isola Harmil, nel gruppo settentrionale delle Dahalak, nei giorni 20-21 gennaio 1924;

N° 102, a ovest delle isole settentrionali dell'arcipelago Farisan, nei giorni 22-23 gennaio 1924.

Le due stazioni furono compiute colla R. cannoniera *Arimondi*, usando il correntometro Ekman-Merz N° 27.

In entrambe le stazioni i lavori furono compiuti in pessime condizioni di tempo e di mare. Il beccheggio fortissimo della nave e le frequenti fluttuazioni laterali, a cui questa era sottoposta, rendevano assai difficili le manovre e perturbavano sensibilmente i risultati delle misurazioni. Nel seguente quadro si notano molti asterischi accanto ai numeri figuranti le direzioni; i moti si presentano cioè con aspetto turbinoso. In realtà può trattarsi semplicemente di deviazioni impresse allo strumento dalle fluttuazioni rapide della nave. Anche i numeri esprimenti le velocità sono probabilmente affetti da qualche errore, per le stesse ragioni.

STAZIONI 100 (*profondita' m. 41 - localita': N dell'isola Harmil [Dahalak]*); 102 (*profondita' m. 50 - località: W delle isole Farisan*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 100							
1924 Gennaio 20	13. 15	5	38	31	SE abb. forte	Sereno	Grosso
	. 20	15	36	9**			
	. 25	30	67?	**			
»	14. 0	5	46	32	»	»	»
	. 5	15	47	31			
	. 10	30	34	8			
	16. 15	5	47	**	»	»	»
	. 25	15	48	—			
	. 30	30	39	0**			
»	17. 0	5	51	33	»	»	»
	. 5	15	38	0			
	. 10	30	43	34*			
»	18. 35	5	38	34	»	»	»
	. 40	15	37	35			
	. 45	30	42	30			
»	20. 0	5	31	34	»	»	»
	. 5	15	48	0			
	. 10	30	43	30*			
»	22. 0	5	31	28	»	»	»
	. 5	15	28	30**			
	. 10	30	29	**			
21	0. 0	5	24	35	»	»	»
	. 5	15	43	1			
	. 10	30	40	35*			
»	2. 0	5	39	32	»	»	»
	. 5	15	51	34			
	. 10	30	41	»»			
»	4. 2	5	43	34	»	»	»
	. 8	15	36	»»			
	. 15	30	48	0			
»	6. 0	5	36	34	»	»	»
	. 5	15	44	33			
	. 10	30	30	**			
»	8. 0	5	23	32	»	»	»
	. 7	15	29	33**			
	. 15	30	24	31**			
»	10. 0	5	36	28*	SE deb.	»	molto agitato
	. 5	15	39	31*			
	. 10	30	43	25			
»	11. 45	5	21	29	»	»	»
	. 50	15	23	30			
	. 55	30	15	29			
»	13. 30	5	34	34	»	»	»
	. 35	15	30	35			
	. 40	30	33	13*			
»	15. 0	5	37	34	»	»	»
	. 5	15	29	»»			
	. 15	30	46	0			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
1924 Gennaio 21	16. 30	5	37	0	SE debole	Sereno	Molto agitato
	. 35	15	25	35			
	. 42	30	28	34			
»	18. 0	5	35	0	»	»	»
	. 6	15	30	2			
	. 12	30	28	1			
Staz. 102							
1924 Gennaio 22	21. 0	5	22	30	SE mod.	»	agitato
	. 5	20	20	2			
	. 12	40	15	28			
»	22. 30	5	20	33	»	»	»
	. 36	20	21	34			
	. 42	40	18	34			
23	0. 2	5	28	31	»	»	»
	. 8	20	23	0			
	. 15	40	18	35			
»	2. 0	5	32	32	»	»	»
	. 5	20	24	33			
	. 11	40	16	»»			
»	4. 2	5	30	32	»	»	»
	. 7	20	29	33			
	. 12	40	15	34			
»	6. 0	5	26	32	»	»	»
	. 5	20	23	34			
	. 10	40	16	31			
»	8. 3	5	27	28	»	cop.	»
	. 8	20	23	4			
	. 15	40	8	3			
»	10. 10	5	20	2	»	»	»
	. 12	20	18	34			
	. 24	40	9	4			
»	12. 5	5	28	0	SE forte	coperto	grosso
	. 10	20	35	4*			
	. 15	40	28	17**			
»	14. 40	5	30	35*	»	»	»
	. 45	20	35	32			
	. 50	40	46	22			
»	16. 0	5	25	33	»	»	»
	. 5	20	45	35			
	. 10	40	31	27*			
»	18. 0	5	22	30	»	»	agitato
	. 5	20	33	7			
	. 10	40	28	24			
»	19. 30	5	13	30	»	»	»
	. 35	20	17	30*			
	. 40	40	21	5*			

§. 84 — L'esame dei grafici dei dati osservati (Fig. 17) e di quelli relativi ai contemporanei valori nella stazione di Bab-el-Mandeb. tenuto conto delle probabili perturbazioni derivanti dalle condizioni in cui si fecero le osservazioni, dimostrano questi fatti principali:

1) Come a sud degli arcipelaghi Dahalak-Farisan (terza trasversale), così a nord le correnti di marea sono praticamente nulle; le curve sono prossimamente parallele all'asse; le deboli fluttuazioni che esse presentano sono di periodo troppo breve per essere considerate come fenomeni di marea. Questa constatazione vale tanto per i diagrammi delle correnti superficiali, come per quelli relativi agli strati inferiori. Nella staz. 102 si nota un intervallo con inversione di corrente, alla quota di m. 40, ma si tratta di fenomeno che non trova riscontro nel precedente intervallo, come dovrebbe accadere se si trattasse di fluttuazione di marea. Questa inversione di corrente sembra quindi corrispondere a turbolenza occasionale.

2) Mancando la corrente di marea, il flusso marino è costituito da moti stazionari, perturbati solo da deboli fluttuazioni. La corrente di deriva può essere valutata circa 35 cm/sec sul lato occidentale (staz. 100), tanto per gli strati superiori, come per quelli sottostanti; e 25 cm/sec verso le isole orientali, ove però si ha una forte diminuzione dalla superficie agli strati inferiori.

§. 85 — Nel tratto marino compreso fra gli arcipelaghi Dahalak-Farisan mancano notizie nautiche sull'andamento delle correnti. La mancanza di accenni a possibili correnti di marea deriva certo dalla constatazione, che risulta anche dalle nostre misure, che ivi mancano del tutto correnti di marea.

L'andamento dei flussi di deriva varia colla stagione e coi venti. I valori da noi riscontrati si riferiscono all'epoca invernale, in presenza di venti forti da SE.

In tale epoca si ha ovunque un flusso rivolto verso NW, come nella parte meridionale del mare, con velocità più elevata sul versante africano, e minore su quello arabo.

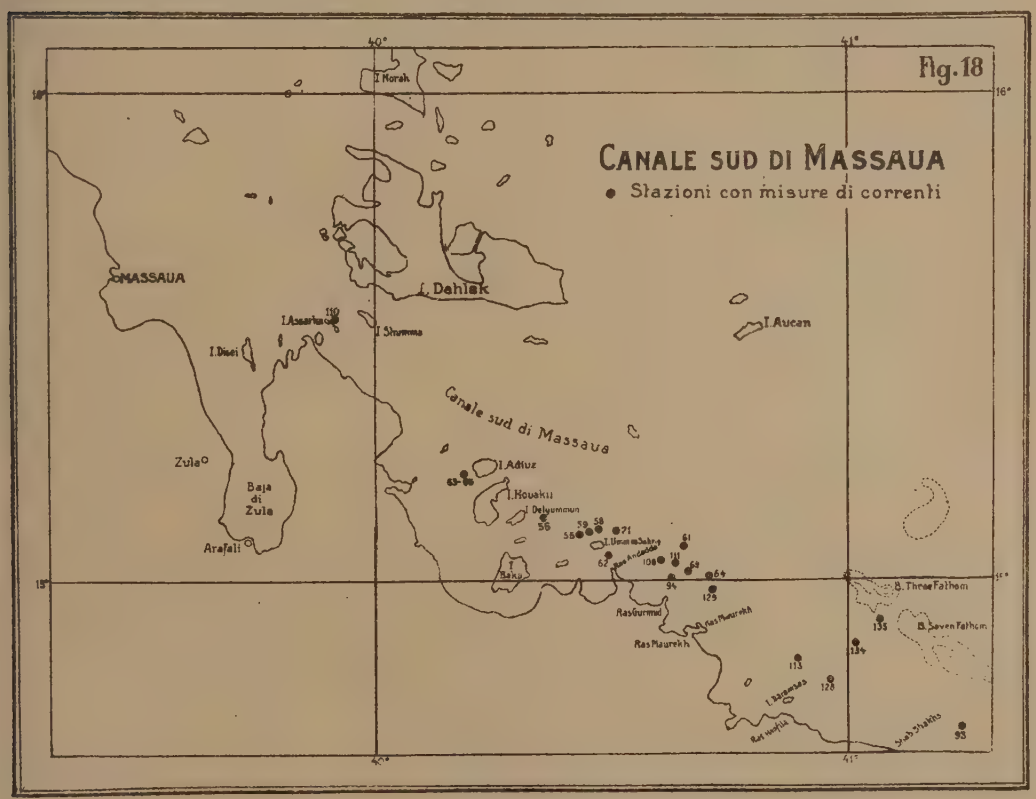
Questo risultato, come fu già accennato nel parag. 76, contrasta colle distribuzioni dei moti marini supposta e descritta dal Luksch. Questi ammette una circolazione ciclica, ascendente lungo la costa orientale e discendente presso quella eritrea. Sulla trasversale quarta, ora considerata, è ammessa una derivazione di correnti trasversali dalle Dahalak alle Farisan.

Questa figurazione, non corrisponde alle nostre constatazioni. Non esiste la circuitazione descritta dal Luksch. Anzi, ove questi pone il ramo discendente della corrente, si presenta costantemente il massimo valore della corrente ascendente verso la parte superiore del mar Rosso.

Di correnti trasversali fra Harmil e Sarso non abbiamo rilevato traccia, solo nella stazione al largo di Sarso si ebbe per qualche ora, presso il fondo, corrente rivolta verso SW. Ma in generale si trovò che la direzione è sempre parallela, o quasi, all'asse marino.

IL CANALE SUD DI MASSAUA

§. 86 — La nave «Magnaghi» fece il rilievo idrografico di una vasta zona del canale sud di Massaua. Durante gli intervalli, in cui la nave era alla fonda, generalmente quindi in ore notturne, si eseguirono determinazioni varie fisiche, chimiche e biologiche, e si fecero anche singole misure di correnti. Non si diede tuttavia a queste misurazioni lo sviluppo adottato di norma in tutti i casi sinora considerati, trattandosi per lo più di ancoraggi obbligati a ridosso di insenature, o di isole, i quali non offrivano campo adatto per ricerche dinamiche mentre invece si prestavano ai lavori idrografici o ad altre ricerche, specialmente biologiche.



Raggrupperemo le stazioni, nelle quali furono eseguite misurazioni di corrente (Fig. 18), secondo la loro distribuzione geografica: e nella discussione dei dati ci limiteremo ad esaminare:

Se esistano correnti di marea;

se vi siano flussi stazionari di deriva, e quale ne sia la direzione e la velocità;

se si presentino variazioni stagionali o provocate dai venti.

§. 87 — **Primo gruppo:** *stazioni eseguite fra la baia di Anfila e i banchi dei* 3 fathom e 7 fathom, N° 113, 128, 134 e 135.

Delle stazioni di questo gruppo una, la 134, è situata al centro del canale sud di Massaua, fra la costa e i banchi dei 3 e 7 fathom. Anche la 135 è in pieno mare, ma i moti sono ivi alterati dalle condizioni morfologiche locali, per la vicinanza alla depressione che separa i due banchi sottomarini ora ricordati. Le stazioni 113 e 128 sono prossime alle isole della baia di Anfila.

L'esame delle osservazioni dimostra che nelle stazioni 113 e 128, fatte l'una in febbraio e l'altra in aprile, la corrente è quasi stazionaria, ed è rivolta verso NW in generale (Fig. 19). Nella staz. 128 la direzione è deviata verso nord, negli strati inferiori, e verso ovest in quelli superficiali; si tratta di influenze della vasta baia di Anfila, che si apre a ovest del punto stazione. La velocità è generalmente inferiore a un mezzo nodo; nella staz. 128 è lievemente superiore negli strati di fondo, mentre in quella 113 è massima in superficie e quasi nulla al fondo.

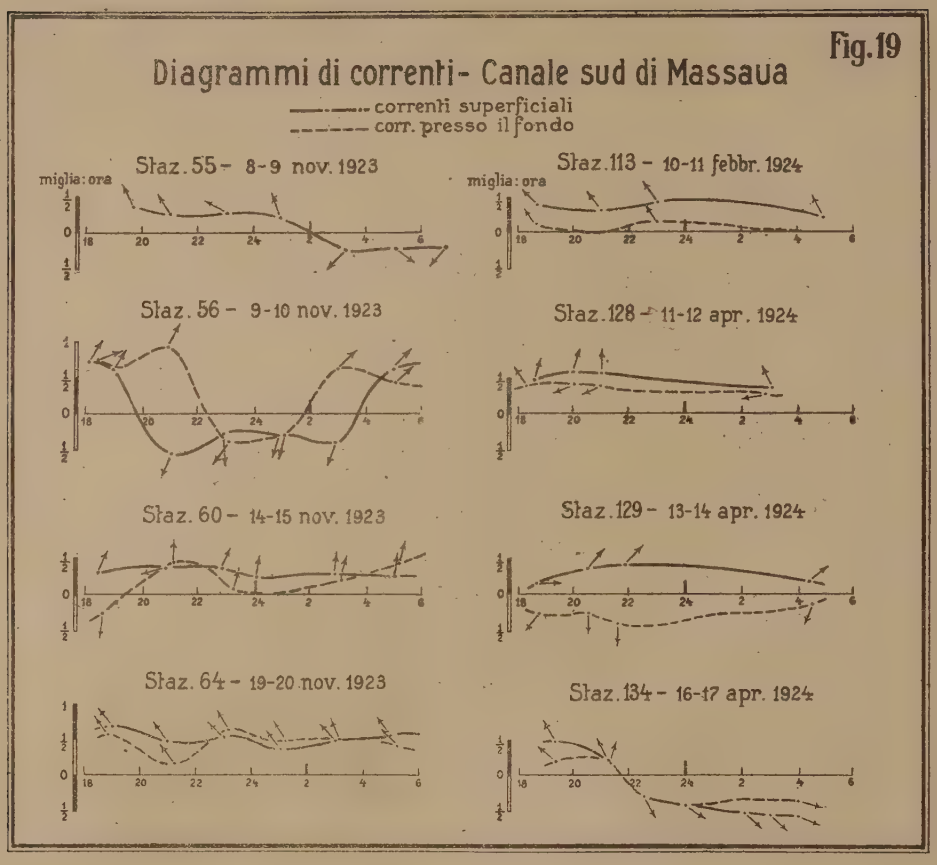
Nelle stazioni 134 e 135, fatte a metà aprile 1924, subito dopo la staz. 128, la corrente non è più stazionaria (Fig. 19). Le velocità sono ancora inferiori a un mezzo nodo; nella staz. 135 sono anzi minori di un quarto di nodo. Nella stazione centrale 134 la direzione è diretta verso NW in un intervallo, verso ESE nel successivo. Le misure non poterono essere proseguite per intervalli sufficienti per giudicare se si tratti di fluttuazione occasionale, o di inversione determinata da fenomeni di marea. La concordanza della fluttuazione, con quella contemporanea delle correnti di marea a sud del mar Rosso, fa supporre che si tratti di correnti di marea. Il sito è infatti nella posizione più opportuna per controllare queste correnti, che sebbene siano quasi nulle allo esterno della zona delle isole (Ras Shakhs), è probabile siano invece sentite nell'interno del canale.

La corrente di deriva è quasi nulla nella stazione 134, mentre poco prima, nella staz. 128, si era ivi trovata corrente rivolta a NW. Le mutate direzioni dei venti, che erano da SE nella stazione 128, e da NE nella 134, possono avere determinato tale cambiamento. Si deve tenere presente che la stagione considerata, aprile inoltrato, segna appunto il trapasso da correnti di deriva rivolte a nord-ovest verso un'epoca di flussi quasi nulli seguiti poi da correnti discendenti, come affermano i testi nautici inglesi.

Le direzioni delle correnti, nella stazione 135, sono comprese fra ENE e ESE, e sono determinate probabilmente, come fu detto, dalla depressione situata verso est, aprentesi tra i due banchi sottomarini.

STAZIONI 113 (*profondita' m. 30 - localita'*: *Daramsas*) - **128** (*profondita' m. 25 - localita'*: *Daramsas*) - **134** (*profondita' m. 38 - località*: *fra Daramsas e il Banco 3 fathoms*) - **135** (*profondità m. 35 - località*: *Banco 3 fathoms*).

Data	Ora	Quota	Corrente		Vento	Cielo	Mare
			veloc. cm/sec	Direz. N—E			
Staz. 113							
1924	18. 50	5	20	33	SE	Sereno	Legg.
Febbraio	. 55	20	5	» »	debole		mosso
10							
»	21. 0	5	14	31	»	»	»
	. 5	20	0	—			
»	23. 0	5	20	32	»	»	»
	. 5	20	8	31			
11	6. 0	5	8	30	»	»	»
	. 5	20	—	—			
Staz. 128							
1924	20. 15	5	18	31	ESE	»	mosso
Aprile	. 20	20	24	2	debole		
11							
»	21. 50	5	22	25	»	»	»
	. 55	10	28	1			
»	23. 0	5	21	25	»	»	»
	. 5	20	25	1			
12	5. 6	5	11	27	»	»	»
	. 0	20	18	31			
Staz. 134							
1924	19. 20	5	22	32	NE	coperto	»
Aprile	. 25	15	25	0	mod.		
13	. 30	30	11	31			
»	21. 25	5	12	32	»	»	
	. 30	15	12	31			
	. 35	30	12	2			
»	22. 30	5	15	13	»	»	»
	. 35	15	18	11			
	. 40	30	17	12			
17	0. 0	5	18	11	»	»	»
	. 5	15	24	» »			
	. 10	30	17	12			
»	2. 0	5	25	32?	»	»	»
	. 5	15	26	12			
	. 10	30	17	» »			
»	4. 0	5	28	11	»	»	»
	. 5	15	28	12			
	. 10	30	17	9			
Staz. 135							
1924							
Aprile	22. 30	5	9	13	E	coperto	calmo
17	. 35	15	18	» »	debole	pioggia	
18	0. 30	5	8	9	»	»	»
	. 35	15	12	12			
	. 40	30	5	7			
»	5. 0	5	14	6	»	»	»
	. 5	15	21	13			
	. 10	30	5	5			



§. 88 — **Secondo gruppo:** *Stazioni al largo della costa fra Ras Andadda e Ras Gurmud*, N° 60, 61, 62, 64, 94, 108, 111 e 129.

Queste stazioni sono distribuite in diversi mesi, fra il novembre 1923 e l'aprile 1924 (V. quadro a pagina seguente).

STAZIONI 60 (*profondita' m. 34 - localita': Ras Gurmud*). - **61** (*profondita' m. 33 - localita': Ras Gurmud*) - **62** (*profondita' m. 10 - localita': Ras Andadda*) - **64** (*profondita' m. 37 - localita': Ras Maurekh*) - **94** (*profondita' m. 23 - localita': Ras Gurmud*) - **108** (*profondita' m. 25 - localita': Ras Andadda*) - **111** (*profondita' m. 28 - localita': Ras Gurmud*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 60							
1923 Novemb. 14	18. 30	5	15	1	E mod.	Sereno	Mosso
	. 35	10	13	8			
	. 40	25	12	18			
»	21. 0	5	19	25	»	»	»
	. 5	10	16	24			
	. 10	25	24	2			
»	23. 0	5	18	1	»	»	»
	. 5	10	4	»			
	. 10	25	4	»			
15	0. 10	5	13	0	»	»	»
	. 15	10	0	—			
	. 25	25	0	—			
»	3. 0	5	15	0	»	»	»
	. 5	10	0	—			
	. 10	25	10	35			
»	5. 0	5	17	35	»	»	»
	. 5	10	19	»»			
	. 10	25	23	»»			
Staz. 61							
Novemb. 15	17. 45	5	21	34	SSE debole	»	»
	. 55	10	14	»»			
	. 50	25	9	35			
»	20. 0	5	4	32	»	»	»
	. 10	10	10	33			
	. 5	25	30	»»			
»	21. 30	5	19	33	»	»	»
	. 35	10	25	»»			
	. 45	25	12	»»			
»	23. 0	5	32	34	SE abb. forte	»	»
	. 5	10	12	35			
	. 10	25	19	»»			
16	1. 0	5	26	35	»	»	»
	. 5	10	22	»»			
	. 10	25	26	34			
»	3. 0	5	25	34	»	»	»
	. 5	10	9	»»			
	. 10	25	11	35			
»	5. 0	5	16	34	»	»	»
	. 5	10	12	35			
	. 10	25	22	34			
Staz. 62							
Novemb. 16	19. 0	5	16	34	E mod.	»	»
»	21. 0	5	14	34	»	»	»
»	23. 0	5	12	33	»	»	»
Novemb. 17	5.	5	11	33	E mod.	Sereno	Mosso
	10. 30	5	4	33	»	»	»
Staz. 64							
Novemb. 19	19. 0	5	32	31	SE abb. forte	½ cop.	»
	. 5	10	19	32			
	. 10	25	29	31			
»	21. 0	5	21	31	»	»	»
	. 5	10	21	»»			
	. 10	25	8	»»			
»	23. 0	5	25	32	»	»	»
	. 5	10	27	»»			
	. 10	25	30	»»			
20	1. 0	5	16	31	»	»	»
	. 5	10	19	32			
	. 10	25	21	»»			
»	3. 2	5	22	32	»	»	»
	. 6	10	22	»»			
	. 12	25	25	»»			
»	5. 0	5	28	32	»	»	»
	. 5	10	25	31			
	. 10	25	21	»»			
Staz. 94							
Dicemb. 29	18. 45	5	12	29	SE deb.	sereno	»
	. 50	15	11	33			
»	20. 0	5	14	27	»	»	»
	. 5	15	12	5			
»	22. 0	5	21	35	»	»	»
	. 5	15	10	33			
Staz. 108							
1924 Febbraio 5	17. 55	5	7	21	NNE deb.	¼ cop.	»
	18. 0	15	8	—			
»	20. 20	5	8	22	»	»	»
	. 25	15	18	11			
6	0. 0	5	18	24	»	»	»
	. 5	15	21	26*			
»	6. 0	5	9	30	»	»	»
	. 5	15	15	11			
Staz. 111							
Febbraio 8	19. 0	5	0	—	N deb.	sereno	calmo
	. 5	15	0	—			
»	21. 0	5	0	—	»	»	»
	. 5	15	0	—			

STAZIONE 129 (*profondita' m. 28 - localita'*: *Ras Maurekh*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 129							
1924 Aprile 13	18. 40	5	12	20	E deb.	Sereno	Calmo
	. 45	20	8	9			
»	20. 30	5	14	18	»	»	»
	. 35	20	17	6			
»	21. 45	5	21	18	»	»	»
	. 50	20	21	4			
14	5. 20	5	8	21	»	»	»
	. 25	20	7	2			

§. 89 — I dati delle stazioni 60, 61, 62, 64 e 94, distribuiti fra novembre e dicembre, e raccolti in presenza di venti da est (60 e 62) o da SE, indicano tutti l'esistenza di una corrente rivolta verso NW, o verso nord, con velocità che nella staz. 61 si mantiene attorno a un mezzo nodo, ed è inferiore a questo valore in tutti gli altri casi (Fig. 19).

La corrente è prevalentemente di deriva; le fluttuazioni sono generalmente piccole e brevi; e quando sono più lunghe, come nelle stazioni 60 61, sono molto discordi tra la superficie e il fondo.

Le due stazioni 108 e 111, furono fatte in siti molto prossimi, e in giorni vicini con venti da nord, nel mese di febbraio; si hanno velocità nulle nella staz. 111; e deboli valori, diretti fra SW e NW in superficie, verso ESE al fondo, nella staz. 108. Subito dopo queste stazioni, con debole vento da SE, il 10 febbraio si è trovato una corrente rivolta verso NW nella stazione 113, a sud della zona qui considerata.

La stazione 129, fatta in aprile, con vento debole da est, dà corrente discendente nel primo strato superficiale, e rivolta verso NE nello strato di fondo.

In complesso risultano questi fatti:

Al largo prevale corrente di deriva ascendente da SE verso NW, con velocità massima di un mezzo nodo; queste correnti si mantengono anche con venti contrari nei primi mesi invernali. Da febbraio ad aprile si conservano solo con venti favorevoli; indeboliscono sino ad annullarsi e anche ad invertirsi, negli strati superficiali, se spirano venti da nord.

Sotto la costa e presso i banchi prevale ancora la stessa corrente, ma attenuata in velocità e alterata in direzione dalle influenze morfologiche locali.

La corrente di marea è sensibile solo nella zona centrale del canale sud mentre è mascherata da fluttuazioni secondarie nelle adiacenze costiere.

§. 90 — **Terzo gruppo:** *Adiacenze di Umm es Sahrig*. L'ancoraggio di Umm es Sahrig fu uno dei punti in cui la Magnaghi ebbe più spesso occasione di restare alla fonda, durante i lavori idrografici. Furono eseguite ivi alcune misurazioni di corrente, per quanto si trattasse di postazioni non opportune, date le alterazioni derivanti dalla prossimità delle isole e delle coste.

I dati delle cinque stazioni che qui consideriamo, N° 55, 56, 58, 59 e 71 si riferiscono tutti al mese di novembre 1923; il vento fu sempre da est, eccetto nella stazione 58, in cui si ebbe vento da SE abbastanza forte.

STAZIONI 55 (*profondita' m. 18 - localita': Umm es Sahrig*) - 56 (*profondita' m. 15 - localita': Umm es Sahrig*) - 58 (*profondita' m. 15 - localita': Umm es Sahrig*) - 59 (*profondita' m. 14,5 - localita': Umm es Sahrig*) - 71 (*profondita' m. 24 - localita': Umm es Sahrig*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 55							
1923 Novemb. 8	19. 40	5	18	34	E mod.	Sereno	Mosso
	. 45	12	15	35			
»	21. 0	5	14	34	»	»	»
	. 5	12	12	23			
»	23. 0	5	13	29	»	»	»
	. 5	12	9	18			
9	1. 1	5	10	35	»	»	»
	. 5	12	16	35			
»	3. 10	5	14	24	»	»	»
	15	12	14	29			
»	5. 0	5	12	11	»	»	»
	. 5	12	14	8			
»	6 . 50	5	10	24	»	»	»
	. 55	12	—				
Staz. 56							
Novemb. 9	18. 0	5	36	8	»	»	»
	. 5	12	35	4			
»	19. 0	5	30	1	»	»	»
	. 5	12	31	4			
»	21. 0	5	30	22	»	»	»
	. 5	12	45	3			
»	23. 0	5	13	18	»	»	»
	. 5	12	18	21			
10	1. 0	5	14	22	»	»	»
	. 5	12	14	20			
»	3. 0	5	20	20	»	»	»
	. 5	12	31	7			
»	5. 0	5	30	4	»	»	»
	. 5	12	18	3			
Staz. 58							
Novemb. 12	18. 45	5	24	18	ESE abb. forte	¼ cop.	»
	. 50	10	23	4			
»	21. 0	5	12	29	»	»	
	. 5	10	15	1			
»	23. 0	5	13	31	»	»	»
	. 5	10	16	24			
13	1. 0	5	15	26	»	»	»
	. 5	10	16	28			
»	3. 0	5	11	21	»	»	»
	. 5	10	18	22			
Novemb. 13	5. 0	5	23	31	ESE abb. forte	¼ cop.	Mosso
	. 5	10	13	25			
Staz. 59							
Novemb. 13	15. 45	5	25	27	E mod.	½ cop.	»
	. 50	10	21	9			
»	17. 10	5	6	13	»	»	»
	. 15	10	11	34			
»	19. 0	5	12	11	»	»	»
	. 5	10	4	3			
»	21. 0	5	0	—	»	cop.	»
	. 5	10	0	—			
»	23. 0	5	0	—	»	sereno	»
	. 5	10	0	—			
14	5. 0	5	18	3	»	»	»
	. 5	10	15	24			
Staz. 71							
Novemb. 27	20. 0	5	26	33	»	»	Agitato
	. 5	15	16	34			
»	22. 2	5	21	35	»	»	»
	. 7	15	29	34			
28	0. 0	5	26	34	»	»	»
	. 15	15	23	35			

§. 91 — Nella stazione 71, eseguita all'esterno dell'isola verso la parte libera del canale sud, si trova la solita corrente di deriva rivolta a NW, con velocità di un mezzo nodo, pur con vento sfavorevole. Negli altri punti, posti sul ridosso nord dell'isola, l'andamento delle correnti risente evidentemente l'influsso delle condizioni morfologiche locali. La corrente ha diverso andamento a strati diversi, scorrendo spesso in opposte direzioni alla superficie e al fondo, e presenta deviazioni assai forti nella direzione, senza che tuttavia si raggiungano effettive inversioni, caratterizzanti fenomeni di marea. E' probabile però che queste mutazioni di direzione siano in relazione coi flussi di marea, che nella baia di Houakil ha i massimi valori che si incontrino nel mar Rosso tra le linee nodali di Port Sudan e di Assab (parag. 126), superando di oltre 30 cm i dislivelli che si hanno a Massaua.

Le velocità massime sono qui ancora, come in tutto il canale sud, dell'ordine da un quarto a un mezzo nodo. Nella sola stazione 56, posta presso l'isola Delymmun, singole misure dànno velocità alquanto maggiori; ivi ancora le mutazioni di direzione corrispondono a effettive inversioni di corrente (Fig. 19)

§. 92 — **Quarto gruppo:** *Adiacenze di Adiuz e di Assarea.* Nello specchio d'acqua fra le isole Adiuz e Houakil esiste un tranquillo ancoraggio. Ivi si fu spesse volte alla fonda. Ma non si fecero che poche misurazioni, poichè i risultati non avrebbero servito a deduzioni di speciale interesse.

Alcune osservazioni furono fatte durante un ancoraggio presso l'isola Assarea, a NW del faro di Shumma, cioè all'ingresso del canale sud di Massaua

Presentiamo i dati delle stazioni 63 e 65 (Adiuz) e 110 (Assarea):

STAZIONI 63 (*profondita' m. 8,5 - localita': Adiuz*) - 65 (*profondita' m. 13 - località: Adiuz*) - 110 (*profondita' m. 33 - localita': Assarea*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz.63							
1923 Novemb.	18. 0	5	0	—	E deb.	Sereno	Legg. mosso
17	21. 0	5	0	—	»	»	»
18	8. 0	5	11	33	»	»	»
	11. 0	5	0	»»	»	»	»
	11. 30	5	7	31	»	»	»
	20. 0	5	0	31	»	»	»
19	4. 0	5	4	»»	»	»	»
Staz.65							
Novemb.	17. 30	5	8	32	ESE	»	agitato
20	. 35	10	8	34	abb. forte		
	21. 0	5	12	33	»	»	»
	. 5	10	19	34			
21	5. 0	5	8	32	»	»	»
	. 5	10	14	32			
Staz. 110							
1924 Febbraio 7	13. 15	5	13	16	NW deb.	Quasi cop.	Calmo
	. 20	15	18	17			
»	15. 50	5	15	23	»	»	»
	. 55	15	9	25			
»	18. 0	5	0	—	»	»	»
	. 5	15	0	—			
	. 10	25	10	35			
	20. 0	5	12	29	»	»	»
	. 5	15	0	—			
	. 10	25	0	—			
8	7. 0	5	8	28	»	»	»
	. 5	15	13	34			
	. 10	25	9	»»			

§. 93 — Nelle stazioni 63 e 65, in novembre, tanto con vento da E, come con vento da SE, si ritrova la solita corrente ascendente verso NW. La velocità è inferiore a un mezzo nodo.

Nella stazione 110, presso Assarea, si trova corrente inferiore a un mezzo nodo, diretta a sud nel primo intervallo, e a NW in quello successivo. Si è nei mese di febbraio, in presenza di vento da NW. I pochi dati osservati sembrano accennare a una corrente di deriva quasi nulla e alla presenza di deboli correnti di marea.

§. 94 — Riassumendo le varie constatazioni fatte nell'esame di questi dati possiamo formulare le seguenti conclusioni:

1) Nell'epoca invernale prevale in tutto il canale sud di Massaua una corrente stazionaria diretta verso NW, parallela quindi all'asse del canale, con velocità massima di circa un mezzo nodo.

2) Presso le coste e nelle adiacenze delle isole e dei banchi tale corrente è indebolita nella velocità, alterata più o meno in direzione.

3) Tale corrente si presenta qualunque sia la direzione del vento nei primi mesi invernali; ma a cominciare da febbraio, e più ancora nei mesi successivi, l'azione del vento diventa prevalente; con vento contrario la corrente può annullarsi negli strati superficiali, o addirittura invertirsi, scorrendo allora verso SE.

4) Le fluttuazioni delle correnti di marea sono sentite debolmente; in diversi siti sono quasi inavvertite o mascherate da fluttuazioni più brevi. Le oscillazioni di marea riescono talora distinte e regolari nella parte centrale del canale; al largo delle grandi insenature costiere, quali la baia di Houakil e di Anfila, risentono le influenze perturbanti delle insenature stesse. In ogni caso, sia per la debole ampiezza delle fluttuazioni, sia per gli aspetti complessi che presentano, le correnti di marea sono di ordine secondario nel complessivo andamento dei moti, che sono prevalentemente caratterizzati da flussi permanenti di deriva.

Queste conclusioni sono degne di rilievo per questi due aspetti:

1) Dal lato nautico escludono ogni pericolo, derivante dalle correnti, nella navigazione lungo il canale sud di Massaua, sia perchè dimostrano che si tratta in ogni caso di correnti dell'ordine massimo di un mezzo nodo, sia, principalmente, perchè indicano che i moti di deriva, a cui la nave può andare soggetta, sono diretti come l'asse del canale, e quindi come la rotta usuale delle navi.

2) Dal lato dinamico precisano che la corrente generale superficiale, proveniente dal mare Arabico attraverso lo stretto di Bab-el-Mandeb, si insinua anche tra gli arcipelaghi e le coste, progredendo verso nord-ovest, esattamente come avviene nella parte centrale del mare tra le Dahalak e le Farisan. Solo a stagione invernale inoltrata, e in presenza di venti contrari, questo flusso ascendente viene smorzato o invertito.

Questa constatazione fà risaltare altra volta quanto errata sia la distribuzione ciclica della corrente di deriva, supposta e descritta dal Luksch, secondo il quale il canale di Massaua dovrebbe essere sede di corrente esattamente opposta a quella riscontrata nelle nostre misure.

Il «Red sea pilot» dà notizie che si accordano invece pienamente colle nostre osservazioni, in quanto afferma la prevalenza della corrente verso nord-ovest nei mesi invernali, pur accennando alla presenza di correnti rivolte verso sud, in gennaio e febbraio, anche con venti da SE. Queste correnti verso sud, in tali casi, sono limitate, come abbiamo visto, a singoli intervalli, e sono probabilmente in relazione coi fenomeni delle maree locali.

3) Le piccole ampiezze delle correnti di marea nel canale sud ne rendono appena percettibile il riconoscimento. Le alterazioni locali mascherano spesso le correnti di marea nelle adiacenze costiere.

Questa constatazione dà ragione della notizia, riferita dal «Red sea pilot», circa la difficoltà di riconoscere le correnti di marea nel canale sud, mentre esse risulterebbero molto più evidenti e regolari in quello nord.

§. 95 — Nel bacino marino compreso fra le Dahalak e le Farisan abbiamo riscontrato l'assoluta mancanza di correnti di marea. Questo fatto è in perfetto accordo colla constatazione, che sarà fatta nel Cap. VIII, dell'esistenza di una zona ventrale, per le onde semidiurne, in questa parte del mar Rosso, zona che abbraccia tutta la regione delle Dahalak e delle Farisan. I bassifondi e i canali innumerevoli, fra le isole e banchi, provocano ritardi e alterazioni nelle maree e quindi determinano piccole e complesse fluttuazioni, riscontrate in talune delle stazioni considerate.

I deboli valori che presentano queste correnti di marea, e quelli pure molto notevoli delle correnti di deriva, spiegano come la prolugata azione dei venti possa provocare alterazioni sensibili nel ritmo normale delle correnti superficiali. Questi moti potrebbero essere interpretati solo in base a una rete organica di stazioni di osservazione, mentre non riescono distintamente precisati con dati raccolti occasionalmente, in postazioni più spesso sfavorevoli, quali sono quelli che abbiamo potuto rilevare e che abbiamo via via esaminato.

ALCUNE MISURE DI CORRENTE NEL GOLFO DI SUEZ

§. 96 — Durante il viaggio di andata, e in quello di ritorno, la *Magnaghi* fece alcune soste nel golfo di Suez, per l'esecuzione di singoli gruppi di ricerche, fra cui alcune misure di corrente. Il tempo disponibile non era tale da consentire serie estese di osservazioni. I pochi dati che si potevano raccogliere non potevano quindi fornire che indizi sulla natura delle correnti del golfo di Suez ed elementi di orientamento per esplorazioni ordinate ed estese.

Furono eseguite misurazioni in queste quattro stazioni:

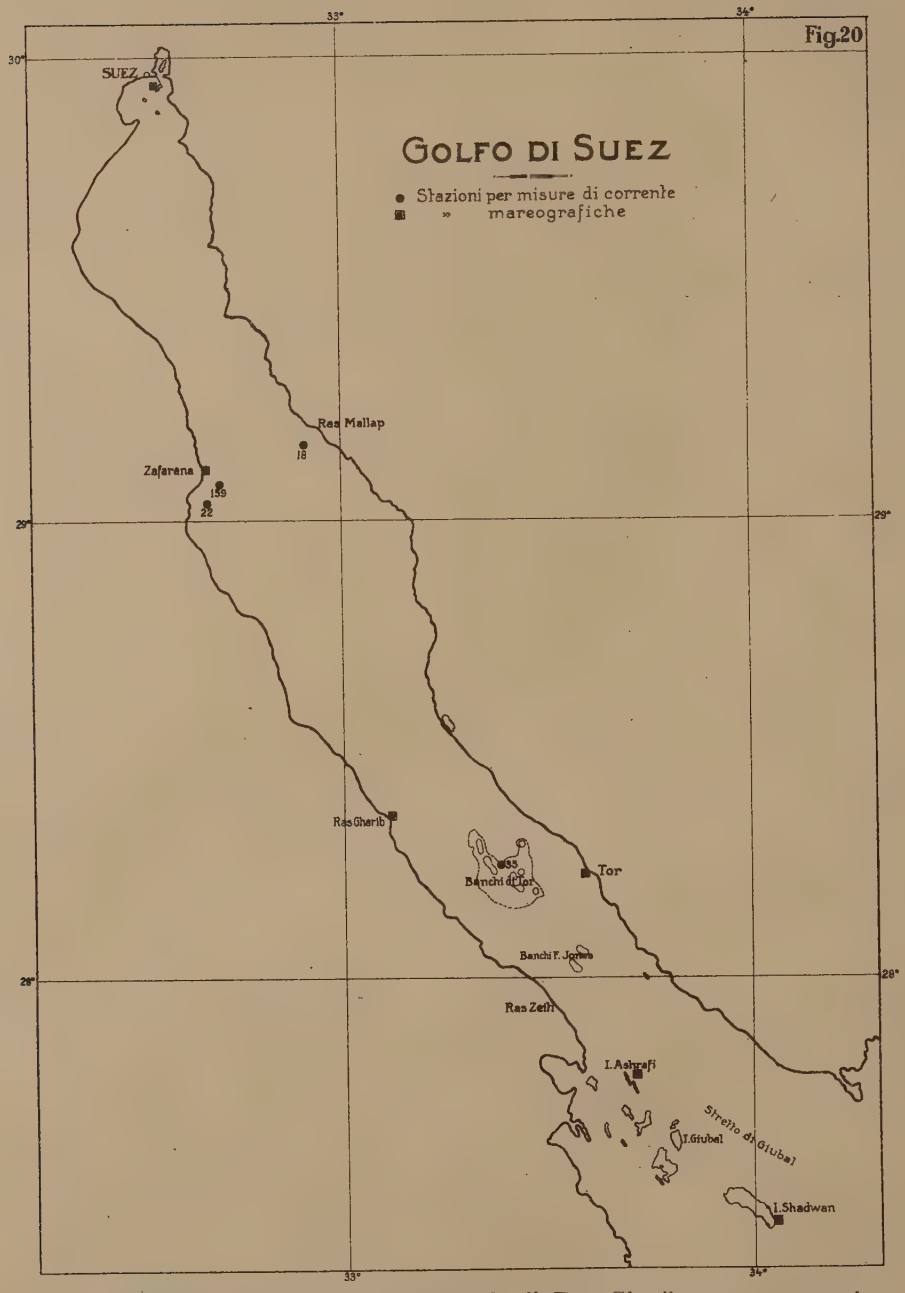
N° 18, a sud di Ras Mallap, nei giorni 12-13 ottobre 1923;

N° 22, sui banchi a sud di Zafarana, nei giorni 13-14 ottobre 1923;

N° 35, nella zona centrale dei banchi di Tor, nei giorni 16-17 ottobre 1923;

N° 159, di fronte al faro di Zafarana, nei giorni 26-27 maggio 1924.

Tali stazioni sono indicate nella figura 20 a pag. seguente.



In occasione del ritiro del mareografo di Ras Gharib vennero eseguite anche due misure al largo dell'ancoraggio di questa località (staz. 158), constatando corrente rivolta a SE, con velocità di 36 cm:sec, superiore alla massima velocità misurata a Zafarana, e minore di quella massima esistente sui banchi di Tor. — Riferiamo i dati di osservazione.

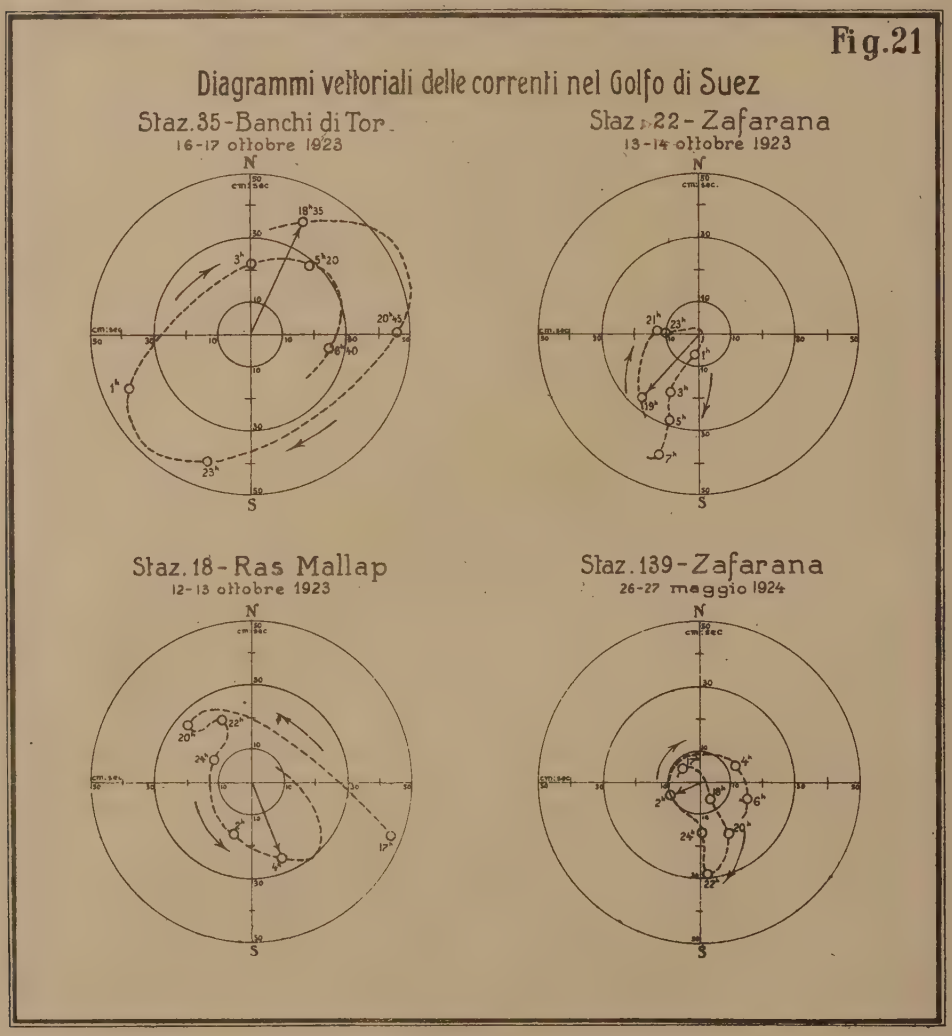
STAZIONI 18 (*profondita' m. 43 - località: Ras Mallap*) — 22 (*profondità m. 24 - località: Zafarana*) — 35 (*profondita' m. 36 - localita': Banchi di Tor*) — 159 (*profondita' m. 22 - localita': Zafarana*).

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Staz. 18							
1923	17. 5	5	47	11	Calmo	¼ cop.	legg.
Ottobre	. 10	5	45	12			mosso
12	. 20	10	17	17			
	. 45	30	45	12			
»	20. 20	5	27	31	»	»	»
	. 27	10	25	29			
	. 35	30	50	30			
»	21. 51	5	22	33	»	»	»
	22. 20	10	49	27			
	. 29	30	68	31			
»	23. 50	5	13	30	»	»	»
	. 55	10	24	32			
13	0. 10	30	32	28			
»	1. 45	5	17	20	N.E.	»	mosso
	. 50	10	5	2	abb.		
	. 55	30	35	25	forte		
	3. 50	5	26	16	NE	½ cop.	»
»	. 55	10	54	10	mod.		
	4. 0	30	45	22			
	6. 58	5	9	—	»	»	»
»	7. 15	10	22	28			
	. 25	30	15	27			
Staz. 22							
Ottobre	18. 40	5	26	22	N	¼ cop.	»
13	. 45	15	30	23	mod.	»	
»	21. 5	5	13	28	»	»	»
	. 10	15	19	27			
»	23. 0	5	11	28	»	»	»
	. 5	15	19	35			
14	1. 0	5	4	19	»	»	»
	. 5	15	5	19			
»	3. 30	5	20	21	»	»	»
	. 40	15	21	»»			
»	5. 4	5	28	20	»	»	»
	. 10	15	17	19			
»	7. 4	5	30	20	»	»	»
	. 10	15	0	21			
Staz. 35							
Ottobre	18. 35	5	39	3	N.W.	½ cop.	»
16	. 40	10	33	13	mod.		
	. 45	25	37	17			

Data	Ora	Quota	Corrente veloc. cm/sec	Corrente Direz. N—E	Vento	Cielo	Mare
Ottobre	20. 45	5	46	9	NW	½ cop.	Mosso
16	. 50	10	47	14	mod.		
	21. 0	25	31	17			
»	22. 45	5	42	20	»	»	»
	. 50	10	37	21			
	. 55	25	39	22			
17	1. 5	5	42	25	»	»	»
	. 10	10	23	28			
	. 15	25	60	1			
»	3. 5	5	22	0	»	»	»
	. 10	10	30	32			
	. 15	25	26	34			
»	5. 20	5	28	4	»	»	»
	. 25	10	31	4			
	. 30	25	0	22			
»	6 . 40	5	25	11	»	»	»
	. 45	10	26	18			
	. 50	25	48	13			
Staz. 159							
1924	17. 5	5	6	33	N	Sereno	Calmo
Maggio	. 10	15	0	—	debole		
26							
»	18. 15	5	4	14	»	»	»
	. 20	15	6	22			
.	20. 0	5	18	15	»	»	»
	. 5	15	16	17			
»	22. 0	5	29	17	»	»	»
	. 5	15	29	16			
27	0. 0	5	16	17	»	»	»
	. 5	15	0	—			
»	2. 0	5	10	25	»	»	»
	. 5	15	8	5			
»	4. 0	5	12	7	»	»	»
	. 5	15	15	32			
»	6. 0	5	16	11	»	»	»
	. 5	15	14	28			

§. 97 — La natura dei dati non si presta a figurazioni scalari, come si potè fare in generale per le correnti del mar Rosso meridionale. Adotteremo diagrammi vettoriali, figurando le velocità con segmenti uscenti da un punto e diretti come la corrente. La lunghezza dei segmenti è proporzionale alla velocità.

Fig.21



Nella Fig. 21 sono rappresentati i valori delle correnti osservate alla quota di m. 5 nelle quattro stazioni considerate.

Il grafico relativo alla stazione dei banchi di Tor presenta, fra tutti, la massima regolarità. La corrente è nettamente giratoria, come sulle coste dei mari aperti. La curva che congiunge gli estremi dei segmenti ha forma allungata, come un'ellisse: non si chiude però su sè stessa, dopo un ciclo semidiurno.

Il punto stazione si trova prossimo a una depressione orientata da SW a NE, attraversante i banchi di Tor. L'asse maggiore della figura risulta orientato nella stessa direzione.

Le massime velocità misurate raggiungono quasi un nodo, in superficie, e valori alquanto maggiori verso lo strato di fondo. L'andamento della figura accenna all'esistenza di una forte disuguaglianza diurna tra cicli successivi. Se si tiene conto che l'epoca delle misure cade in tempo di quadrature, si può presumere che nelle sizigie perigee (parag. 115) le massime correnti debbano superare un nodo e mezzo.

Negli strati inferiori si riscontra ancora una regolare girazione delle correnti, nello stesso verso anticiclonico come in superficie. Verso il fondo l'andamento del fenomeno è irregolare. Queste correnti sono essenzialmente fenomeni di marea; le forti correnti di deriva che nel mar Rosso meridionale superavano quelle di marea, qui non sono sensibili.

§. 98 — Analogo risultato si riscontra nel grafico della stazione 18 (Ras Mallap). Siamo in epoca sizigiale prossima al perigeo lunare, epoca delle massime maree. La corrente, presso questa costa e in questa epoca, ha valori intensi come quelle misurate sui banchi di Tor, ed è nettamente una corrente giratoria di marea. Le influenze costiere producono però notevoli perturbazioni; la curva, che congiunge gli estremi delle velocità, risulta alquanto deformata. L'asse è parallelo all'andamento della costa e normale a quello dei banchi di Tor. Il verso della girazione è ciclonico (opposto a quello delle lancette dell'orologio), ed opposto quindi a quello verificato sui banchi di Tor.

§. 99 — I grafici relativi alle due stazioni 22 e 159, fatte l'una fra i banchi sud, e l'altra di fronte all'ancoraggio di Zafarana, presentano ancora caratteristiche analoghe a quelle delle precedenti stazioni.

La corrente è giratoria; il grafico non risulta però simmetrico rispetto al polo; ma si trova situato quasi per intero a sud o a sud-est di esso, come se esistesse una debole corrente di deriva, che discendesse lungo la costa occidentale del golfo di Suez. Le misure fatte sulla opposta sponda orientale, a Ras Mallap, non presentano però traccia dell'esistenza di una eventuale corrente ciclica, che risalga la costa orientale e discenda lungo quella occidentale. La dissimmetria accennata può derivare forse da azioni morfologiche costiere.

L'asse del grafico è orientato, in entrambi i casi, come la costa adiacente ai punti di stazione. Le velocità raggiungono i massimi valori, circa tre quarti di nodo, in corrispondenza dell'estremo sud della curva, mentre per l'estremo nord di essa, corrispondente alla corrente ascendente, si riducono a valori quasi nulli. Il verso della girazione è anticiclonico, come sui banchi di Tor, e quindi opposto a quello di Ras Mallap.

Qui pure, come nei casi considerati, la corrente subisce notevoli perturbazioni negli strati inferiori. E' poi presumibile che nelle sizigie prossime a un perigeo lunare, le velocità delle correnti assumano valori prossimi forse a quelli misurati a Ras Mallap (circa un nodo).

§. 100 — L'unica conclusione consentita dai pochi dati a disposizione è questa: In tutto il golfo di Suez regnano correnti, che sono essenzialmente correnti giratorie di marea. Nelle figurazioni vettoriali l'asse corrispondente alle velocità massime è in generale parallelo alle coste o ai banchi sottomarini. Le velocità dirette trasversalmente all'asse sono quindi minime. Le massime velocità superficiali raggiungono un nodo e mezzo sui banchi di Tor; un nodo a Ras Mallap e negli altri punti costieri, ove si fecero misure. E' dubbio se esista una debole corrente di deriva, discendente verso sud, sulla costa di Zafarana; sulla costa del Sinai, come sui banchi di Tor, il fenomeno di marea è simmetrico nei due versi ascendente e discendente, e non presenta influenze di correnti di deriva.

Il «Red sea pilot» dà queste notizie sulle correnti di marea del golfo di Suez:

«La corrente di marea scorre verso nord, in tutto il golfo di Suez, quando la marea sale a Suez, e verso sud quando la marea ivi discende. Entrambe le correnti seguono l'asse centrale del golfo, con velocità massima di un nodo e mezzo nelle sizigie, e di un mezzo nodo nelle quadrature, eccetto in alcune adiacenze costiere, ove la direzione è incerta. Nello stretto di Giubal la corrente cresce sino a due nodi, e il flusso rivolto a nord dura maggior tempo di quello rivolto a sud. Presso gli scogli la direzione è incerta».

Queste notizie si accordano con quelle risultanti dalle nostre misure. I nostri dati però completano notevolmente le informazioni del portolano, in quanto precisano la natura di queste correnti di marea e il carattere giratorio di esse. Viene così data ragione dell'esistenza di correnti continuamente mutevoli in direzione, e talora nettamente trasversali. Par determinare le leggi generali del ritmo di queste maree occorrerebbero però, come si disse, serie molto più estese di osservazioni.

CAPITOLO VII

Le maree del Mar Rosso

IL CONTRIBUTO DI NUOVI DATI

§. 101 — I dati relativi alle maree possono essere classificati in quattro categorie (XVII):

1) Osservazioni estese a intervalli di almeno un anno, ridotte ad essere figurate da costanti armoniche;

2) osservazioni fatte per intervalli minori, sino a un minimo di quindici giorni, ridotte pure ad essere rappresentate da costanti armoniche;

3) osservazioni estese a periodi indeterminati, non ridotti coll'analisi armonica;

4) dati isolati, rilevati per intervalli di soli uno o due giorni, non rappresentati mediante costanti.

Per il mar Rosso si possedevano sinora due sole serie di dati appartenenti al primo gruppo: quelle dei porti di Suez e di Perim, analizzate per cura del «Survey of India».

Per tutta l'estensione del mar Rosso, esclusi gli estremi Suez e Perim, non si avevano figurazioni armoniche. Tutte le notizie date sulle maree, nei testi nautici (XXVIII-XXXII) e nelle opere scientifiche, erano esclusivamente poggiate su dati appartenenti ai gruppi 3 e 4, e non potevano quindi avere altra pretesa che di costituire una prima approssimazione.

Le costanti non armoniche sono bensì elementi di comodo uso, ma hanno un valore che non risulta definito con qualche approssimazione, se non è precisata la forma specifica delle maree in ogni singolo sito; e questo era sinora stato fatto in modo adeguato nel mar Rosso.

Per quanto concerne le correnti di marea, esclusi i pochi dati rilevati dal Gedge, più volte accennati, i quali appartengono al gruppo 4, non si possedevano altre dirette misurazioni.

Colle registrazioni mareografiche, raccolte durante la crociera della *Magnaghi*, e colle successive analisi fatte nell'Istituto Geofisico di Trieste, la conoscenza delle maree e delle correnti di marea del mar Rosso viene ad assumere estensione maggiore e forme ben definite.

§. 102 — Il nuovo contributo di dati consta di:

1) Undici serie di osservazioni mareografiche, distribuite in tutto il mar Rosso, e ridotte ad essere figurate da costanti armoniche; questi nuovi dati rientrano nella categoria 2 della classificazione ora fatta; per Massaua abbiamo una serie semestrale, che può essere classificata nella categoria 1;

2) una serie di dati di correnti di marea, categoria 2;

3) numerose serie di osservazioni di correnti di marea, categoria 4.

I dati relativi alle correnti vennero presentati e discussi nei capitoli precedenti; qui ci limiteremo a considerare i soli dati di marea.

LE NUOVE STAZIONI MAREOGRAFICHE

§. 103 — Gli impianti mareografici vennero compiuti in parte durante il viaggio di andata della *Magnaghi*, nei mesi di ottobre e novembre 1923. Tali sono quelli di Tor, Koseir e Port Sudan. Altri vennero eseguiti durante la permanenza della nave nel mar Rosso meridionale, come le stazioni di Massaua, Assab, Kamaran e Gidda. Altre quattro istallazioni, quelle di Ashrafi, Shadwan, Ras Garib e Zafarana, poterono essere eseguite grazie alla cordiale collaborazione prestata dal Governo Egiziano.

Il Governo Egiziano volle gentilmente favorire i nostri lavori durante la permanenza della nave nelle sue acque territoriali, autorizzando il Comandante Mohammed Salem el Badan ad imbarcarsi sulla *Magnaghi* per facilitare i nostri compiti ogni volta si fossero eseguiti ancoraggi costieri. La posa dei mareografi in territorio egiziano venne così singolarmente agevolata. Ma la squisita cortesia del Comandante egiziano non si limitò a questa collaborazione indiretta. Avuto il permesso dal proprio Governo di valersi della nave postale *Aida*, il Comandante M. el Badan assunse personalmente l'incarico di trasferire i mareografi di Tor e di Koseir a Shadwan e ad Ashrafi; dopo raccolta una serie mensile di registrazioni in queste località, trasferì gli apparecchi stessi a Ras Gharib e Zafarana, ove si poterono avere altre serie mensili di dati. In complesso, grazie all'iniziativa di questo valoroso ufficiale e alla deferente collaborazione che il Governo Egiziano volle prestare, abbiamo potuto elevare a sei le serie di registrazioni raccolte sulla costa egiziana. Si

deve aggiungere ancora che le persone, a cui venne affidata la cura degli strumenti in queste sei stazioni egiziane, seppero adempiere all'incarico avuto con intelligenza e precisione, così da compiere un lavoro perfetto quanto si poteva desiderare.

Gli strumenti impiegati per questi rilievi mareografici erano di tipo Richard, muniti di rotelle di riduzione, che dovettero essere modificate a seconda delle ampiezze locali di marea. Ove i dislivelli di marea erano dell'ordine di un metro o più, si adottò il rapporto 1/10; ove erano minori si usò il rapporto 1/7 o 1/5. I fogli registratori, per alcuni strumenti erano a ciclo settimanale, per altri giornaliero. Gli strumenti erano adattati entro cassoni a doppia parete, che portammo già disposti per una immediata istallazione.

Il Comandante della *Magnaghi* dispose perchè gli impianti fossero eseguiti sempre da uno stesso gruppo di marinai artieri, al comando del S. Tenente di Vascello Giannattasio. La pratica che essi acquisirono nel lavoro, consentì che la posa dei mareografi potesse venire fatta in modo rapido e corretto, poichè le soste fatte dalla nave erano sempre ridotte alle durate minime possibili.

§. 104 — Diamo ora l'elenco delle stazioni mareografiche poste in opera:

1) **Tor** - La località giace ai piedi del monte Sinai, ed è nota per essere una stazione importante di quarantena per i pellegrini della Mecca. Il cassone del mareografo fu posto contro uno dei pontili di legno (Fig. 4 e 4 bis) e affidato alle cure del Capitano Morley, comandante del campo di quarantena e direttore dell'osservatorio locale. Lo strumento fu tenuto in condizioni perfette. Le registrazioni durarono dal 16 ottobre 1923 al 25 febbraio 1924.

Per le analisi armoniche vennero prese in considerazione le due serie mensili 1-30 dicembre 1923, 1-30 gennaio 1924.

2) **Koseir** - La cittadina di Koseir, sulla costa egiziana del mar Rosso, è nota sopratutto per le cave di fosfato ivi esistenti, esercite da una società italo-egiziana. Dal punto di vista mareografico la posizione ha interesse in quanto caratterizza le maree nella vasta distesa del mar Rosso settentrionale. Il mareografo venne posto contro la banchina destra che circonda il palazzo governativo. Il Mamur di Koseir, Ibrahim Sabry, fu tanto gentile da assumere personalmente l'incarico della manutenzione dello strumento, che fu tenuto in funzione dal 22 ottobre 1923 al 16 gennaio 1924 (Fig. 5 e 5 bis). Vi furono alcune interruzioni per guasto strumentale.

3) **Ashrafi** - Lo strumento venne istallato dal Com. M. el Badan presso il faro di questa isola, che si trova nella parte meridionale del golfo di Suez, e funzionò dal 15 febbraio al 31 marzo 1924.

4) **Shadwan** - Questa località si trova all'estremo sud del canale di Giubal, fra il golfo di Suez e il mar Rosso. Lo strumento fu posto presso il faro, dal Com. el Badan, e funzionò dal 25 febbraio al 31 marzo 1924. Vi furono interruzioni per guasto strumentale.

5) **Ras Charib** - Questa località posta nel golfo di Suez, a ovest dei banchi di Tor, è importante dal lato mareografico perchè prossima alla linea ove si inizia un rapido salto di sei ore negli stabilimenti di porto. L'apparecchio, posto contro il pontile, che sta di fronte al faro (Fig. 22), funzionò regolarmente dal 1° aprile al 26 maggio 1924.

6) **Zafarana** - Anche il mareografo di Zafarana fu istallato contro il pontile annesso agli impianti del faro (Fig. 22 bis), e fu tenuto in ottime condizioni dal 2 aprile al 26 maggio 1924.

7) **Gidda** - Il mareografo di Gidda fu istallato nel marzo 1924, dalla *Magnaghi*, mentre l'*Arimondi* si recava a Bab-el-Mandeb per compiere le ricerche descritte nel Cap. IV. Le maree a Gidda sono assai piccole; ma abbastanza forti sono i dislivelli marini, che le acque di questa parte centrale del mar Rosso subiscono in dipendenza dai fattori atmosferici. Non fu tenuto conto di questo fatto nella istallazione; lo strumento, posto di fianco alla locale caserma di marina, senza scavare a sufficienza il pozzetto sottostante al cassone, dopo alcuni giorni di funzionamento regolare, rimase in secca per lunghi intervalli, registrando solo le alte maree. Lo strumento fu tenuto con molta cura dal meccanico Sig. Indelicato, il quale si avvide dell'inconveniente, ma avrebbe dovuto rifare tutto l'impianto per rimediarvi. Dei diagrammi giornalieri, raccolti in questa stazione, che vanno dal 14 marzo al 16 maggio, risultarono utilizzabili per l'analisi armonica solo quelli dal 14 al 29 marzo.

8) **Port Sudan** - Il mareografo fu istallato contro il pontile privato dell'Agente Sig. Caliendo (Fig. 23). Questi fu tanto gentile da destinare un proprio impiegato, il Sig. Magnifico, per la cura dello strumento. L'apparecchio funzionò dal 28 ottobre 1923 all'aprile 1924; ma purtroppo le indicazioni delle ore, sui diagrammi, non furono fatte colla voluta esattezza; e della lunga serie di dati raccolti non risultarono attendibili, per l'analisi, che quelli dal 28 ottobre al 27 novembre 1923.

9) **Massaua** - Il mareografo, con diagrammi giornalieri, venne posto al pontile di legno della stazione radiotelegrafica. Il Comandante della stazione stessa, Sig. Ten. di Vascello Da Rienzo, si incaricò gentilmente del funzionamento dell'apparecchio, mettendo a disposizione il personale della stazione. L'apparecchio cominciò a funzionare regolarmente nei primi giorni di novembre 1923 e fu tenuto in funzione sino al 10 maggio 1924. Per l'analisi vennero presi in considerazione separatamente sia singoli periodi, sia l'intera serie semestrale.

10) **Kamaran** - L'isola inglese di Kamaran, situata presso la costa araba, alla latitudine di Massaua, sistemata a vasto campo quarantenario, possiede pontili ai quali potè facilmente essere appoggiato un cassone mareografico. Lo strumento fu tenuto in perfette condizioni personalmente dal Resident inglese, Cap. Guy Vivyan Wickham, entusiasta osservatore che mantiene un proprio osservatorio meteorologico. Egli si dedicò con entusiasmo alle cure del nuovo mareografo. Della bella serie di dati raccolti, dal 25 dicembre 1923 al 6 maggio 1924, vennero analizzati i mesi di gennaio e aprile 24.

Fig. 22.

FARO E MAREOGRAFO DI RAS GHARIB

(*Fot. dell'A.*)

Fig. 22 *bis*.

FARO DI ZAFARANA

(*Fot. dell'A.*)

Fig. 23.
MAREOGRAFO DI PORT SUDAN (*Fot. dell'A.*)

Fig. 23 *bis*.
MAREOGRAFO DI ASSAB (*Fot. dell'A.*)

Fig. 24.
ISOLA VULCANICA DI GEBEL ZUCUR (*Fot. dell'A.*)

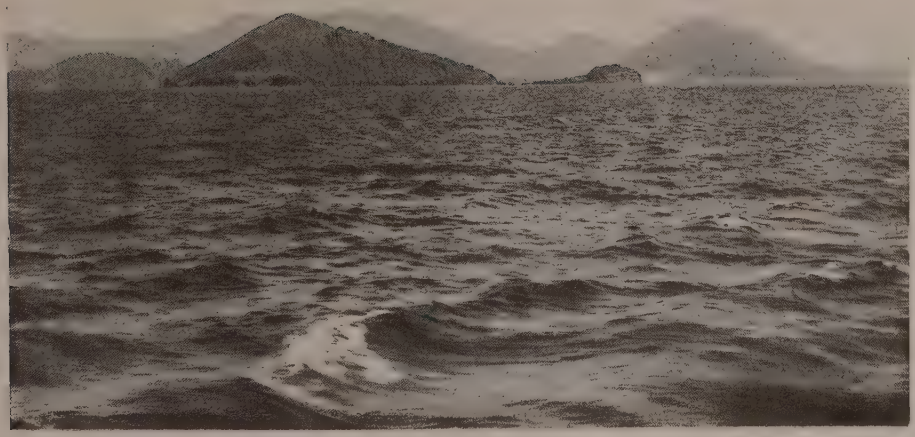


Fig. 24 *bis*.
ISOLA VULCANICA DI GEBEL ZUCUR - LATO NW. (*Fot. dell'A.*)

Fig. 25.

MASSAUA – VIALE DI TAULUD (*Fot. dell'A.*)

Fig. 25 *bis*.

MASSAUA – SALINE (*Fot. dell'A.*)

11) **Assab** - Facilitati nel nostro compito dalla cortesia del R. Commissario Dr. Annarratone, il mareografo venne posto di fianco al molo, affidato alle cure del Comandante della locale stazione radiotelegrafica, e tenuto in funzione dal novembre 1923 all'aprile 1924 (Fig. 23 bis). Esistono però diverse interruzioni. Per le analisi vennero utilizzate le due mesate da metà gennaio a metà febbraio, e marzo 1924.

Per completare la rete si erano preventivati altri due impianti mareografici a Yembo, nel mar Rosso settentrionale, e a Mokha. Alla prima località si dovette rinunciare, perchè il tempo occorso all'impianto avrebbe distolto la nave dagli altri compiti. Il secondo fu invece tentato; fu inviato a Mokha il relativo materiale, non potendo ivi recarsi la *Magnaghi* stessa. Ma per difficoltà varie l'impianto non fu eseguito e i materiali vennero rinviati di ritorno

ANALISI ARMONICA

§. 105 — L'analisi armonica della serie semestrale di Massaua venne eseguita col procedimento recentemente proposto dal Prof. Sterneck (XX). Lo autore volle anzi cortesemente interessarsi di questa analisi, ponendo a disposizione il modello per il calcolo da lui eseguito sui dati di Alessandria d'Egitto.

Le serie mensili relative alle undici stazioni elencate furono analizzate col procedimento consigliato dal Darwin per serie brevi di osservazioni (VI) già sfruttato utilmente per l'analisi delle maree nel mare di Messina. Ove fu possibile, si analizzarono due distinte serie mensili, così da rendere agevole il controllo del grado di precisione raggiunto nelle singole determinazioni. Gli angoli e i fattori astronomici furono dedotti dal «Nautical Almanac» e dalle tavole del Baird, riportate dal Frochot (X).

I modi di misura del tempo, adottati in mar Rosso, variano da sito a sito. Nelle stazioni meridionali di Port Sudan, Massaua, Kamaran e Assab, è adottata l'ora del 45° meridiano E. G. (ora di Aden); il tempo è controllato con trasmissioni radiotelegrafiche, e quindi è facile valutare le ore di osservazione e i numeri kappa con riferimento al tempo civile e poi al tempo medio locale.

Le stazioni di Tor e di Koseir seguono il tempo civile del 30° meridiano E. G. (ora del Cairo). Le altre stazioni egiziane considerate (Zafarana, Ras Gharib, Ashrafi e Shadwan) adottano pure l'ora del Cairo, ma il controllo degli orologi è fatto con procedimenti che lasciano qualche incertezza; errori di pochi minuti nella determinazione dei numeri kappa e degli stabilimenti di porto sono probabili.

A Gidda si segue un modo curioso di misura del tempo: l'orologio è regolato in guisa da segnare le ore sei al sorgere del sole; l'orologio dovrebbe segnare anche le ore sei al tramonto, cosa che alla latitudine di Gidda (21° 30') non si verifica che entro limiti estesi da pochi minuti o oltre mezzora. Per

avere il tempo medio locale si deve quindi fare una correzione giornaliera alle ore indicate sui diagrammi. Nell'epoca presa in esame (marzo-aprile) tale correzione si riduce a valori dell'ordine massimo di 10 minuti.

Siccome tra gli estremi del mar Rosso, da Suez a Perim, le differenze di ora locale raggiungono circa 45 minuti, quando si volessero confrontare le simultanee posizioni di fase delle maree parziali converrebbe valutare numeri k' riferiti all'ora di un medesimo meridiano tipo.

§. 106 — Nella tavola seguente presentiamo le costanti armoniche valutate per le undici stazioni considerate. Nei casi in cui fu possibile analizzare più serie di osservazioni, sono date, oltre ai risultati parziali, le medie delle singole osservazioni.

A titolo di raffronto aggiungiamo pure le costanti armoniche note di Suez, Gibuti e Aden.

COSTANTI ARMONICHE DELLE MAREE DEL MAR ROSSO

STAZIONI	Coordinate		Serie analizzate	Ampiezze H in cm								Numeri k in gradi							
	Lat.	Long.		M_2	M_4	S_2	K_2	N_2	K_1	P_1	O_1	M_2	M_4	S_2	K_2	N_2	K_1	P_1	O_1
Suez	29° 58′	2h. 17		56		14		18	5		1	342		7		313	190		216
Zafarana	29 7	2. 18	Aprile 1924	42. 4	2. 5	12. 7	3. 5	13. 6	—	—	1. 1	345	258	4	4	315	—	—	232
Ras Gharib	28 21	2. 21	20/III - 19/IV/24	18. 2	. 9	7. 0	1. 6	5. 8	3. 0	1. 0	1. 8	340	266	8	8	310	—	—	190
Tor	28 14	2. 25	Dicembre 1923	8. 0		1. 6	. 4		4. 0	1. 3	1. 3	261		299	299		197	197	182
			Gennaio 1924	7. 7		2. 2	. 6		3. 7	1. 2	1. 7	281		292	292		197	197	201
			media	7. 8		1. 9	. 5	2. 5	3. 8	1. 2	1. 5	271		296	296	242	197	197	192
Ashrafi	28 14	2. 25	15/II-17/III/24	13. 4	1. 2	4. 0	1. 1	4. 3	2. 3	. 8	1. 6	184	300	212	212	155	201	201	187
Shadwan	27 39	2. 27	Marzo 1924	25. 1	1. 2	4. 0	1. 1	8. 0	2. 3	. 8	. 7	185	280	212	212	155	202	202	212
Koseir	26 6	2. 28	16/XII/23-15/I/24	21. 9	1. 1	5. 5	1. 5	6. 6	2. 0	0. 7	2. 0	180	293	205	205	150	192	192	226
Gidda	21 28	2. 61	14-29/III/24	7. 4		. 9	. 2	2. 2	3. 9	1. 3	1. 8	202		236	236	182	226	226	186
Port Sudan	19 36	2. 48	Novembre 1923	. 9		1. 0	. 3	. 3	2. 3	. 8	2. 1	278		330	330	248	207	207	215
Massaua	15 38	2. 63	19/XII/23-17/I/24	34. 2		12. 1	3. 3		2. 8	. 9	2. 2	40		53	53		213	213	210
			Aprile 1924	34. 8		11. 5	3. 1		1. 7	. 6	2. 0	44		50	50		198	198	215
			Media	34. 5		11. 8	3. 2	9. 6	2. 3	. 8	2. 1	42		51	51		206	206	213
			Semestre XI.1923 V-1924	33. 4		12. 4	2. 2	9. 3	2. 3	1. 3	1. 9	46		51	53	14	203	209	222
Kamaran	15 19	2. 83	Gennaio 1924	32. 3		8. 5	2. 3		1. 6	. 5	. 8	28		67	67		55	55	198
			Aprile 1924	33. 3		9. 3	2. 5		1. 8	. 6	. 8	28		45	45		97	97	166
			media	32. 8		8. 9	2. 4	9. 2	1. 7	. 5	. 8	28		56	56	8	76	76	182
Assab	13 2	2. 85	23/I/23-21/II/24	8. 2		3. 4	. 9		20. 0	6. 7	6. 4	351		247	247		18	18	27
			Marzo 1924	7. 3		2. 5	. 7		16. 2	5. 4	5. 9	5		267	267		19	19	28
			media	7. 8		3. 0	. 8	2. 2	18. 1	6. 0	6. 2	358		257	257	352	18	18	28
Gibuti	11 35	2. 87		53		23			41	13	20	220		239			30	30	35
Aden	12 47	3. 00		47. 8	. 2	20. 9	6. 0	13. 4	39. 8	12. 0	20. 0	226	313	247	239	221	35	31	37

§. 107 — I dati del precedente prospetto non hanno il grado di precisione raggiungibile con serie annue di osservazioni. Tuttavia gli scarti che si possono presentare rispetto ai valori definitivi, che si potrebbero ottenere dalle medie di serie annue, sono contenuti in limiti ristretti, che ora preciseremo. Analoghe constatazioni vennero fatte dal Darwin e da altri autori in casi simili e furono confermate anche dalle analisi delle serie mensili eseguite per lo stretto di Messina (XXIV).

Dal prospetto degli armonici si rileva che nella parte centrale e settentrionale del mar Rosso le maree sono costituite essenzialmente di soli termini semidiurni. Le ampiezze delle onde diurne raggiungono a Suez un massimo di 5 cm; fuori del golfo di Suez queste onde sono di ampiezza inferiore a cm. 2,3. I termini diurni costituiscono quindi componenti di ordine secondario. L'analisi di serie brevi raggiunge precisione quasi uguale a quelle di serie annue nella determinazione delle onde prevalenti; lascia sussistere invece qualche incertezza nel grado di precisione delle onde minori. Così vediamo che le costanti dedotte, per una stessa stazione, da diverse serie mensili, sono generalmente quasi identiche, se si tratta di onde principali; presentano invece differenze più o meno sensibili fra loro se le onde sono localmente di ordine secondario. La media dei valori ottenuti in diverse serie mensili presenta, rispetto ai valori singoli, scarti di questo ordine di grandezza:

per le ampiezze H, pochi decimi di cm;

per i numeri kappa, scarti da zero a quattro gradi, se trattasi di onde principali; valori alquanto più elevati per quelle minori.

Errori del genere si hanno anche nelle analisi di serie annue (XIX).

Tra tutte le onde prevale generalmente la M_2. L'ampiezza di quest'onda, massima a Suez, decresce rapidissimamente verso Tor, passando da 56 cm. a soli 8 cm. Nello stretto di Giubal e nel mar Rosso l'ampiezza cresce di nuovo raggiungendo i valori massimi di cm. 25 a Shadwan e 22 a Koseir. Decresce poi, sino ad annullarsi, verso la zona di Port Sudan; segue un nuovo aumento, con valori di 35 cm. nel bacino di Massaua; e infine, dopo una discesa verso valori nulli a sud di Assab, si ha la zona di Bab-el-Mandeb e del mare Arabico ove la M_2 raggiunge valori pari a quelli di Suez, senza tuttavia costituire il termine assolutamente prevalente delle maree, perchè le maree parziali diurne assumono valori molto elevati in questo bacino meridionale.

Nella Fig. 28 (§. 114), sono rappresentati i cicli di variazione ora descritti. Le tre zone, ove la M_2 tende ad annullarsi, sono in pari tempo regioni in cui vi è transizione da una fase di marea alla fase opposta; sono linee nodali, che meglio descriveremo nel seguito.

In queste zone nodali la M_2 cessa di essere la componente principale per divenire termine secondario. La precisione con cui le costanti armoniche di essa riescono determinate altrove, ivi risulta attenuata, e gli scarti fra valori medi e singole determinazioni possono superare i limiti sopra indicati.

Alla M_2, sempre considerando la parte centrale e settentrionale del mar Rosso ed escludendo le linee nodali delle onde semidiurne, seguono per importanza le onde N_2 e S_2. Vengono infine, con piccolissime ampiezze, la K_2 e le onde diurne. Preciseremo che la N_2 ha nel mar Rosso un valore ovunque anormalmente elevato; e che anormalmente piccola è l'ampiezza delle onde diurne.

Questi caratteri contribuiscono a limitare la precisione consentita da serie brevi nell'analisi delle onde diurne, specialmente nei siti (golfo di Suez) ove tali caratteri assumono forme estreme. Per singole stazioni operano sfavorevolmente nel raggiungimento di accurata precisione anche questi fatti:

in alcune stazioni i diagrammi mareografici sono a registrazione settimanale, e la scala è perciò troppo piccola per l'esatta valutazione del tempo;

in pochi casi, come a Shadwan, si trova qualche breve interruzione nelle registrazioni, colmata con interpolazioni;

per Gidda non si potè sfruttare che una serie quindicinale, per ragioni esposte nel §. 104;

le indicazioni del tempo, accuratissime in generale, sembrano meno corrette in alcune serie di diagrammi; ove siano addirittura incerte, come in molti grafici di Port Sudan, si deve limitare l'analisi ai soli fogli che non lasciano dubbi di sufficiente precisione.

L'azione di questi elementi sfavorevoli si riverbera sopratutto sulle costanti delle onde secondarie. Le serie di valori medi, che servono di base nella determinazione di esse, riescono perturbate; ove queste perturbazioni siano tali da togliere ogni definito significato alla figurazione mediante termini armonici, abbiamo omesso la relativa determinazione (onde diurne a Zafarana e Ras Gharib).

§. 108 — Le varie cause che attenuano la precisione delle costanti, specialmente per le onde secondarie, non tolgono tuttavia che l'approssimazione sia largamente sufficiente per caratterizzare con molta evidenza la distribuzione dei fenomeni di marea nel mar Rosso.

Le variazioni delle costanti armoniche, da sito a sito, avvengono con regolarità così notevole, che piccoli errori derivanti da insufficiente approssimazione delle analisi, riescono facilmente evidenti. Il ritmo di queste variazioni sarà descritto ampiamente nel seguito, considerando separatamente i due gruppi delle onde semidiurne e diurne.

In prossimità di bassifondi, come nello stretto di Giubal e nella parte meridionale del golfo di Suez, poterono essere nettamente calcolate anche le costanti degli armonici superiori M_4 e S_4. I valori trovati per M_4 sono dati nel quadro degli armonici. L'onda S_4 non presentò mai ampiezze superiori a circa mezzo centimetro.

§. 109 — Per la stazione di Massaua, avendo a disposizione una completa serie semestrale di diagrammi a registrazione giornaliera, abbiamo compiuto l'analisi di questa serie, col procedimento indicato nel parag. 105.

I risultati ottenuti sono dati nel quadro precedente. Il confronto tra le costanti dedotte dalla serie semestrale e quelle risultanti da serie mensili dimostra che la differenza fra le ampiezze H variano fra zero (onda K_1) e un centimetro (onde M_2 e K_2); e che le differenze tra i numeri kappa variano fra zero (onda S_2) e quattro gradi (onda M_2). La sola onda O_1 presenta uno scarto più elevato, circa nove gradi. Gli scarti di questo ordine confermano l'approssimazione notevolisima che si ottiene nelle analisi di serie mensili. E' strano ad ogni modo, che i massimi scarti si abbiano proprio per l'onda M_2 che suole

normalmente riuscire determinata coi minimi errori. L'esame dei dati mareografici di Massaua pone in rilievo anormali ritardi delle maree lunari rispetto ai transiti della luna. Tali anomalie sono ben visibili anche nei dati usati dall'Istituto Idrografico della Marina per la valutazione dello stabilimento di porto (§. 119); esse derivano in parte dalle influenze del termine ellittico lunare semidiurno N_2, ma in parte non sembrano spiegabili se non per influenze della morfologia locale o delle variazioni stagionali del livello medio. Anormale è anche la differenza dei numeri kappa di S_2-M_2 (§. 113).

La serie semestrale di Massaua consente la diretta determinazione dell'onda N_2. E' noto che le serie brevi non permettono invece questa valutazione.

L'onda N_2 rimane così conosciuta per l'estremo nord del mar Rosso (Suez), per Massaua e per il golfo di Aden. La costanza di alcune relazioni che esamineremo nei paragrafi seguenti consente la determinazione dell'onda N_2 per tutte le altre stazioni considerate.

RELAZIONI CARATTERISTICHE FRA LE COSTANTI ARMONICHE

§. 110 — Esistono relazioni fra le costanti armoniche, caratterizzate da valori tipici per ogni bacino. Questi valori sono valutabili teoricamente. Ma i valori normali, in pratica, non corrispondono a quelli effettivi, specialmente per alcuni rapporti, che mutano fortemente da mare a mare, e nello stesso mare da bacino a bacino.

Ci limitiamo a considerare quelle relazioni che presentano speciale interesse per il caso del mar Rosso, e omettiamo quelle che, col metodo di analisi adottato (§. 35), sono già presupposte nella valutazione degli armonici K_2 e P_1.

Alle stazioni nuove aggiungiamo quelle di Suez, Gibuti e Aden, allo scopo di facilitare il confronto tra i dati delle zone interne del mar Rosso con quelli dei punti estremi o esterni.

Le relazioni che consideriamo esprimono i rapporti principali fra le ampiezze degli armonici e le differenze fra i numeri kappa.

Relazioni caratteristiche fra le costanti armoniche

STAZIONI	Rapporti fra le ampiezze H degli armonici				Differenze tra i Num. k degli armonici		
	$S_2 : M_2$	$N_2 : M_2$	$O_1 : K_1$	$\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2}$	S_2-M_2	M_2-N_2	K_1-O_1
Suez	.25	.32	.20	.09	25°	29°	— 26°
Zafarana	.30	—	—	—	19	—	—
Ras Gharib	.38	—	.60	.19	28	—	—
Tor	.24	—	.40	.55	25	—	—
Ashrafi	.30	—	.70	.22	28	—	—
Shadwan	.16	—	—	.16	27	—	— 10
Koseir	.25	—	1.00	.15	25	—	— 34
Gidda	.12	—	.46?	.69	34	—	—
Port Sudan	1.11	—	.91	2.31	52	—	— 8
Massaua	.37	.28	.82	.09	5	32	— 14
Kamaran	.27	—	.47	.06	28	—	—106
Assab	.38	—	.34	2.25	259	—	— 10
Gibuti	.43	—	.49	.80	19	—	— 5
Aden	.44	.28	.50	.87	21	5	— 2
Valori normali	.47	.19	.71	.49	—	—	—

§. 111 — Dall'esame dei valori di questo prospetto si rilevano alcuni fatti di indole molto generale.

Il rapporto fra le ampiezze di S_2 e di M_2 è minore di quello normale, in tutto il mar Rosso.

Fa eccezione solo Port Sudan. Ma questa località, e con essa le altre di Tor e di Assab, vanno considerate a parte; esse corrispondono a zone di transizione fra due regimi di marea di opposta fase; le ampiezze di M_2, in tali zone, sono pressochè nulle, e quindi i rapporti considerati risultano anormali (§. 114).

Lo stesso dicasi della zona di Kamaran, per quanto riguarda le relazioni tra onde a periodo diurno (§. 116).

I valori più anormali in difetto si hanno nella parte settentrionale e centrale del mar Rosso. Verso il mare Arabico i rapporti $S_2 : M_2$ crescono notevolmente sino a raggiungere il valore normale.

Il rapporto fra le ampiezze di $N_2 : M_2$ vale 0,32 a Suez, e 0,28 nella parte meridionale del mar Rosso, da Massaua al golfo di Aden. Il valore normale sarebbe 0,19. Abbiamo dunque una discordanza assai forte, specialmente per la parte settentrionale del mar Rosso. L'elevato valore dell'ampiezza dell'onda N_2 si trova inoltre associato con un piccolo valore dell'armonico S_2. In definitiva l'onda N_2 prevale sull'onda S_2 e determina nelle maree del mar Rosso l'aspetto tipico delle maree anomalistiche (§. 115).

Questo aspetto caratterizza i fenomeni di marea del mar Rosso, in tutte le zone esplorate, e si rende manifesto sopratutto fuori delle linee nodali di M_2, cioè nei siti in cui prevalgono in modo assoluto le onde semidiurne. L'analogia di forma tra curve di diverse stazioni dimostra che il rapporto $N_2 : M_2$ può essere ritenuto compreso fra 0,32 e 0,30 da Suez alla parte centrale del bacino marino, e pari a 0,28 da Massaua al golfo di Aden. Moltiplicando per questi rapporti le ampiezze delle onde M_2 abbiamo ottenuto le ampiezze di N_2 date nel prospetto degli armonici.

I rapporti della terza colonna del prospetto, $O_1 : K_1$, hanno limitata importanza nel mar Rosso, trattandosi di armonici del tutto secondari, valutati con approssimazione non molto corretta. Si noti tuttavia che il rapporto cresce da Suez (0,20) verso la parte centrale del golfo, raggiungendo ad Ashrafi il valore normale 0,71; passa in seguito a valori superiori a quello normale, e ritorna a valori normali, o minori, nel bacino meridionale.

§. 112 — Molto significativo è il rapporto fra la somma delle ampiezze delle maree diurne e quella delle maree semidiurne $(K_1 + O_1) : (M_2 + S_2)$, considerato nella quarta colonna del prospetto.

Questo rapporto serve, come è noto, a distinguere se la marea sia di tipo semidiurno (rapporto $< 0,25$), ovvero di tipo misto ($> 0,25$ ma $<$ di $1,25$), ovvero infine di tipo diurno ($> 1,25$), secondo la nomenclatura proposta dal Van der Stok.

Veramente, nel caso nostro, l'onda N_2, che in tale rapporto non figura, ha importanza maggiore dell'armonico S_2, che vi è tenuto in conto. Ma l'aggiunta di questo termine non farebbe che accentuare il carattere distintivo delle maree del mar Rosso, e poco influirebbe sulla classificazione che conviene adottare per esse, come per quelle del golfo di Aden.

Di fronte al valore normale 0,49, il rapporto in questione non raggiunge che 0,09 a Suez, valore che si sarebbe potuto mettere in dubbio, se non trovasse piena conferma nei valori analoghi di tutto il mar Rosso. Escludendo le adiacenze delle zone nodali accennate di Tor, Port Sudan e Assab, si trova infatti che il rapporto differisce poco da quello di Suez in tutti i punti.

Nelle zone nodali le onde semidiurne sono quasi nulle e quindi tale rapporto risulta molto elevato, superiore a 2 a Port Sudan e ad Assab. Oltre Assab si inizia il tipo di maree proprie del mare Arabico, con un rapporto superiore a 0,80, e quindi con maree di tipo misto, nelle quali cioè persiste la doppia oscillazione diurna, ma con forti differenze di ampiezza fra le due oscillazioni di uno stesso giorno, precisamente come si è rilevato nelle curve delle correnti.

Maree di tipo misto sono quelle di Tor.

Port Sudan e Assab son caratterizzate da maree nettamente diurne, nelle quali prevale una sola oscillazione, mentre la seconda onda semidiurna si presenta, più spesso, in forma di semplice perturbazione, e solo riesce meglio distinta in prossimità dell'epoca di declinazione nulla (Fig. 27).

Escluse queste zone nodali, e il breve tratto a sud di Assab, tutto il mar Rosso presenta maree a tipo semidiurno quasi puro (Fig. 26-27). Le disuguaglianze diurne e le variazioni declinazionali sono di lieve entità.

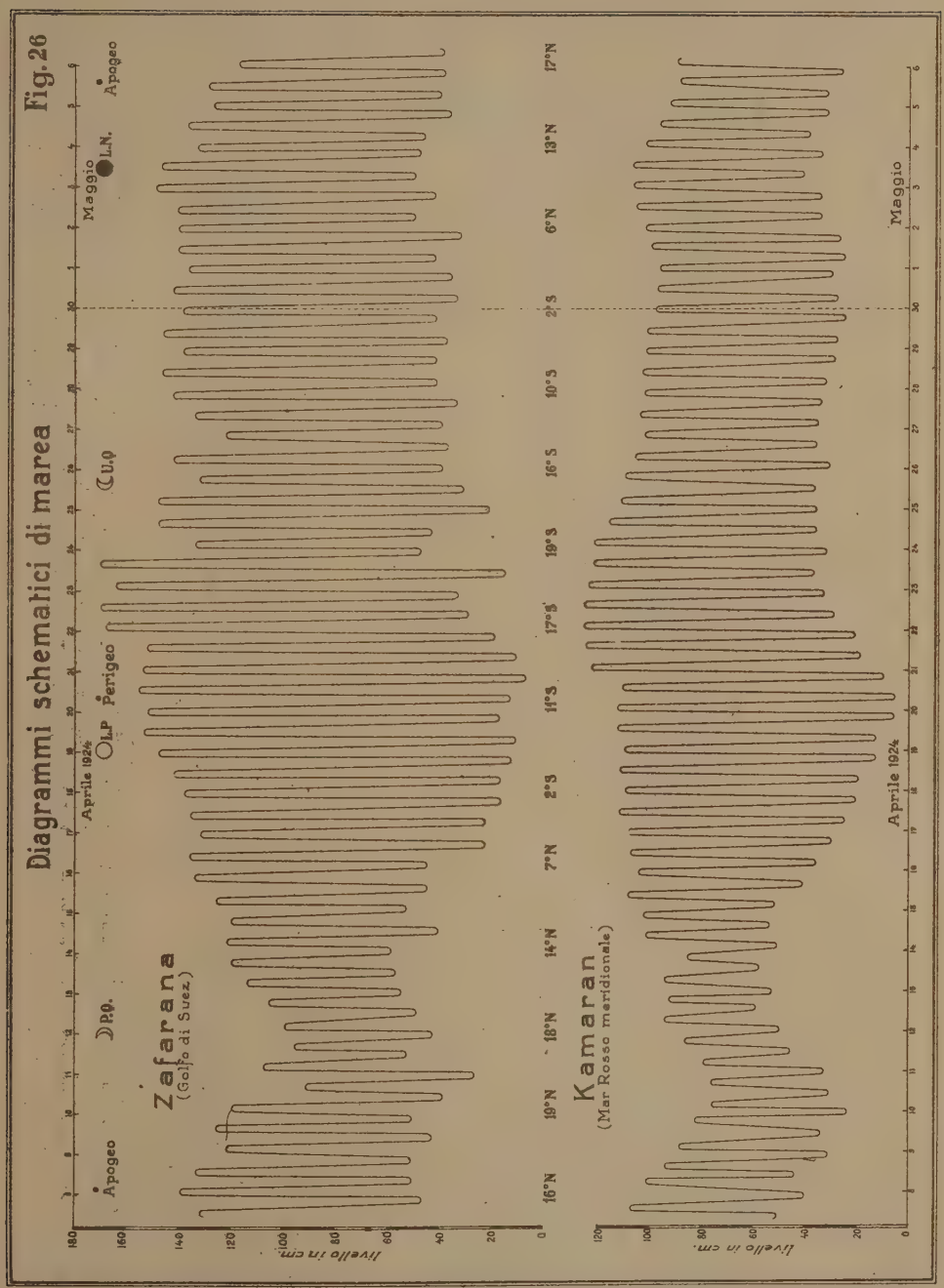
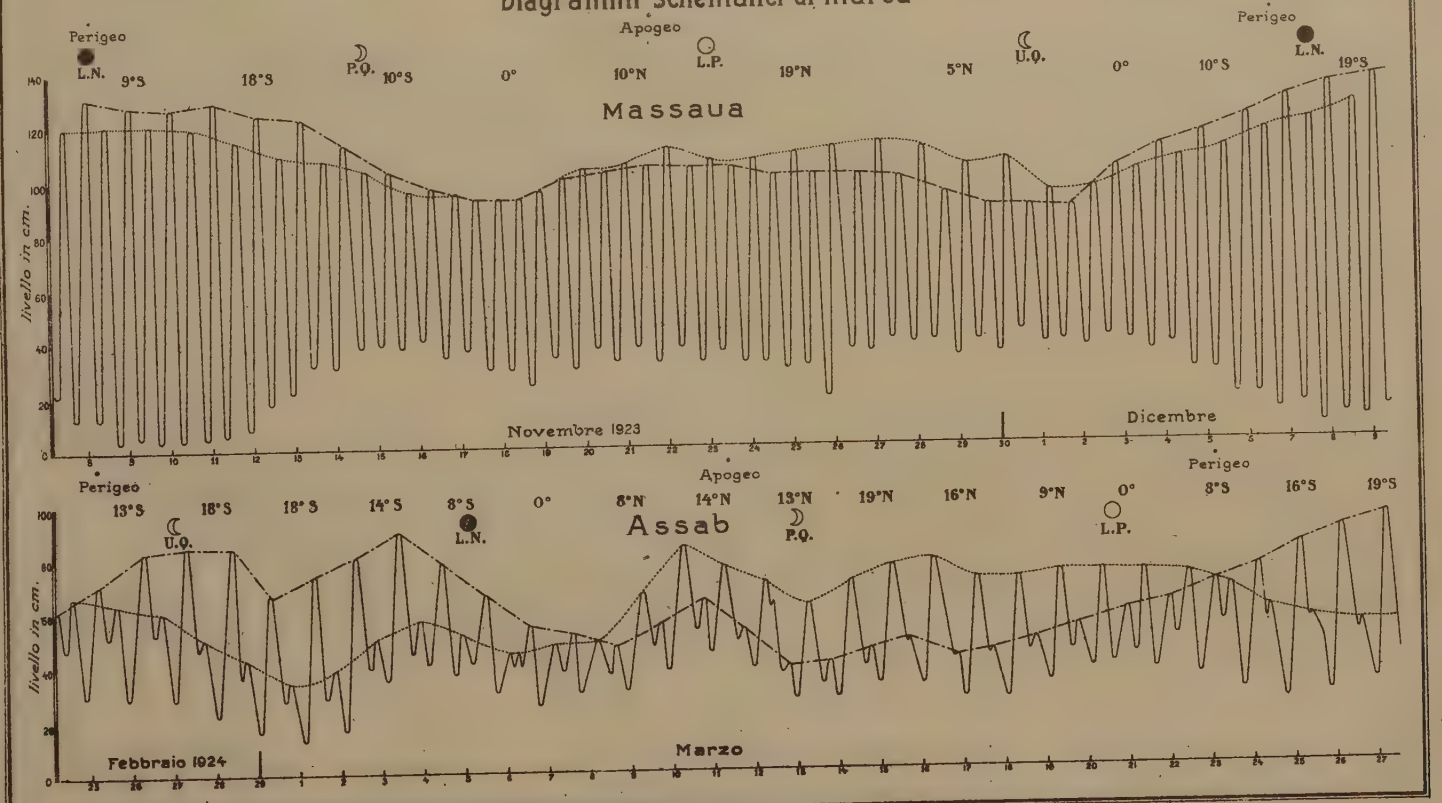

Diagrammi schematici di marea
Fig. 26
Zafarana
(Golfo di Suez)
Kamaran
(Mar Rosso meridionale)
Aprile 1924
Maggio
Apogeo
Perigeo
L.N.
P.O.
livello in cm.

Fig. 27

Diagrammi schematici di marea



§. 113 — I numeri kappa delle onde S_2 e M_2 differiscono fra loro di quantità sensibilmente uniformi da sito a sito, se escludiamo le linee nodali dell'onda M_2 (§. 114). Siccome le linee nodali delle maree parziali M_2 e S_2 sono in generale distinte, per quanto prossime, è naturale che in tali zone si possano avere salti rapidi tra le relative differenze di fase. La differenza M_2-S_2 oscilla attorno 25°. Fa eccezione Massaua, con soli cinque gradi.

Le onde M_2 e N_2 hanno numeri kappa che differiscono solo di 5 gradi nel golfo di Suez. La differenza è invece notevole nell'interno del mar Rosso, raggiungendo 32° a Massaua e 29° a Suez. Per le stazioni intermedie non abbiamo dirette valutazioni; riterremo che si abbiano valori intermedi tra quelli ora citati, perchè è noto che la differenza tra i numeri kappa di M_2-N_2 si mantiene sensibilmente uniforme in ogni bacino marino. Su questa base abbiamo determinato i numeri kappa attribuiti all'armonico N_2 nel quadro degli armonici.

Per ragioni esposte non riteniamo di dover attribuire importanza alle differenze dell'ultima colonna K_1-O_1. Ci limitiamo ad osservare che i numeri kappa di queste due onde, pur essendo affetti da probabili e sensibili errori, tuttavia si inquadrano bene tra quelli meglio determinati di Suez, Massaua e Aden, e dimostrano che nel mar Rosso la differenza tra i numeri kappa di K_1-O_1 è tipicamente negativa, mentre negli altri mari è prevalentemente positiva. Il valore anormale di Kamaran deriva dalla prossimità della stazione alle linee nodali delle onde diurne (§. 116). Non abbiamo preso in considerazione i valori delle stazioni interne al golfo di Suez, non ritenendoli sufficientemente corretti.

ASPETTI CARATTERISTICI DELLE MAREE NEL MAR ROSSO

§. 114 — Nei paragrafi precedenti abbiamo accennato all'esistenza di tre linee nodali per la marea parziale semidiurna lunare M_2. Queste linee si trovano nelle seguenti località (Fig. 28 a pag. seg.):

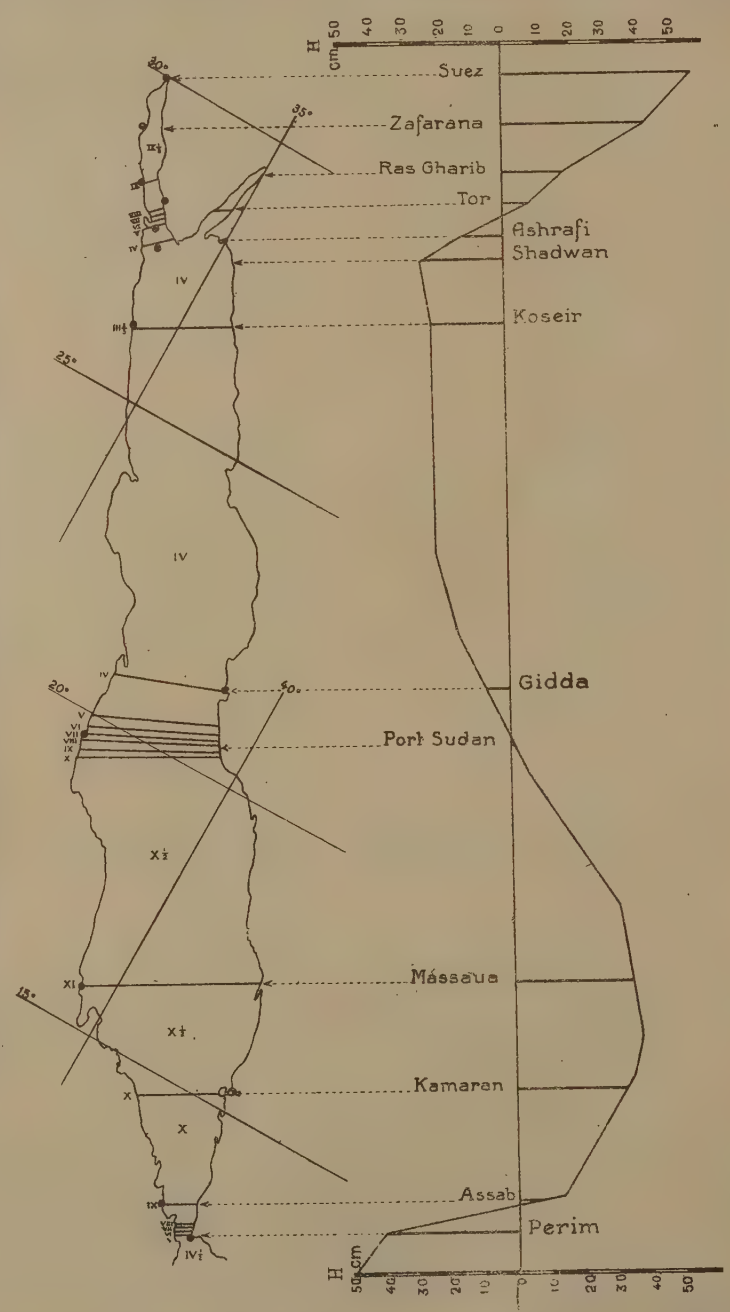
1) a sud dei banchi di Tor (parte meridionale del golfo di Suez);
2) su una trasversale prossima a Port Sudan;
3) su una trasversale compresa tra Assab e Perim.

Queste zone nodali dividono il mare in quattro bacini, ognuno dei quali si comporta come se le maree semidiurne (che costituiscono la quasi totalità della marea) avessero simultaneità di fase in tutto il bacino stesso. E precisamente, considerando in modo speciale l'onda M_2 e riferendo le ore cotidali all'ora normale di Greenwich, si hanno queste relazioni:

1) Da Suez ai banchi di Tor avviene un rapido trapasso verso valori che differiscono di sei ore, cioè verso maree di fase opposta; il porto di Tor è ancora su questa fascia di transizione; Ashrafi è già in pieno regime opposto a quello del golfo di Suez.

Fig. 28

Linee cotidali e ampiezze della marea semidiurna M_2



L'ampiezza della marea, massima a Suez, decresce rapidamente verso Zafarana, Ras Gharib e Tor. Il «Red sea pilot» localizza il sito della marea minima, quasi nulla, a Ras Zeiti. Ciò è in pieno accordo coi nostri dati; la parte centrale della fascia nodale risulta infatti prossima a Ras Zeiti, sui bassifondi a sud di Tor, noti col nome di Felix Jones Patches.

2) A sud della trasversale di Tor l'ampiezza delle maree cresce; la fase di essa è quasi in esatta opposizione con quella della parte nord del golfo di Suez. Quando a nord la marea parziale M_2 è alta, qui è bassa. L'ampiezza di marea si intensifica gradualmente all'esterno del golfo di Suez; i valori massimi da noi rilevati nel mar Rosso settentrionale sono quelli di Shadwan, nello stretto di Giubal, e di Koseir, sulla costa egiziana del mar Rosso settentrionale.

Secondo le carte nautiche inglesi l'ampiezza di marea resterebbe in seguito quasi stazionaria, sino al largo di Yembo, e poi si avrebbe una graduale diminuzione verso la parte centrale del mar Rosso.

A differenza del golfo di Suez, sede di maree opposte a quelle del mar Rosso settentrionale, il profondo golfo di Akaba, secondo le informazioni dei portolani, ha maree sincrone con quelle del mar Rosso. L'ampiezza di marea sarebbe massima nella parte nord del golfo stesso, pur raggiungendo soltanto poco più della metà dei dislivelli che si hanno a Suez.

Il secondo bacino, che abbraccia tutto il mar Rosso settentrionale, compresi il golfo di Akaba e il golfo di Suez a sud dei banchi di Tor, si chiude con una seconda linea nodale tra Gidda e Port Sudan.

3) Mentre Gidda appartiene ancora al secondo bacino, Port Sudan fa già parte propriamente del terzo. In quest'ultima località le maree semidiurne, appena percettibili, tendono ad essere in fase con quelle del bacino meridionale. Le maree diurne hanno ancora gli stessi caratteri che presentano nelle zone finora considerate. Tali maree, prevalendo a Port Sudan sui termini semidiurni, dànno alle curve mareografiche una forma totalmente diversa da quella delle stazioni situate fuori della zona nodale.

Mentre a nord di Port Sudan l'ora cotidale (sempre riferita all'ora di Greenwich) oscilla attorno a 4 ore, a sud passa a valori compresi fra 10 e 11 ore.

In questo terzo bacino le maree parziali semidiurne si amplificano più che nel secondo, raggiungendo i massimi valori a sud di Massaua, fra le isole della baia di Houakil. A Kamaran è già sensibile una diminuzione di ampiezza che si accentua poi rapidamente verso Assab. Quest'ultima località, per i caratteri delle maree semidiurne, si trova al limite sud del bacino ora considerato. Ivi le ampiezze delle maree semidiurne si riducono a valori quasi nulli, e si ha un rapido trapasso verso le ore cotidali proprie del golfo di Aden, circa ore 4,5 in perfetta opposizione colle fasi della parte centrale del bacino considerato.

4) Oltre Assab, e prima di Perim, giace la zona nodale che separa il bacino meridionale del mar Rosso da quello del mare Arabico. All'inversione di fase, che avviene probabilmente in massima parte in una ristretta fascia sui bassi fondali che delimitano, a nord di Perim, il bacino del mar Rosso dal golfo di Aden, si aggiunge un rapidissimo aumento dell'ampiezza delle maree semidiurne, le quali a Gibuti e a Aden raggiungono valori pari a quelli propri della parte settentrionale del golfo di Suez (Fig. 29-30, §. 116).

In conclusione, il mar Rosso presenta un regime di maree semidiurne, con tre linee nodali e quattro zone ventrali, precisamente come se si trattasse di onde puramente stazionarie.

Le linee cotidali sono rinserrate in fasci molto stretti in corrispondenza dei nodi; fuori di tali fasci esistono semplicemente ampie distese di plaghe cotidali.

MAREE ANOMALISTICHE

§. 115 — Le costanti armoniche già note per Suez e per il golfo di Aden indicavano chiaramente l'influenza elevata esercitata sulle maree dalle ineguaglianze lunari parallattiche, o anomalistiche. Le nuove serie di dati mareografici mettono in chiaro che il fatto è generale per tutto il mar Rosso.

Abbiamo precisato che l'anormale valore in eccesso del rapporto fra le ampiezze di N_2: M_2 è associato a un anormale valore in difetto del rapporto fra le ampiezze di S_2:M_2. In conseguenza l'onda prevalente, dopo la M_2, non risulta quella solare S_2, ma la lunare ellittica N_2. La disuguaglianza di tipo sinodico propria delle maree semidiurne, nelle quali l'onda ellittica ha valore normale o inferiore, come avviene in generale nell'Atlantico e nel Mediterraneo, determina, come è noto, un ciclo quindicinale di variazione nelle altezze di marea. I dislivelli sono massimi in epoca sizigiale, minime nelle quadrature. Ogni mezzo mese sinodico, il ciclo si ripete quasi identicamente.

La disuguaglianza anomalistica determina invece un ciclo mensile anomalistico, con massime altezze di marea nel perigeo lunare e minime nell'apogeo.

Ove le due disuguaglianze operino assieme, come nel mar Rosso, risulta ancora un ciclo anomalistico, con massimi dislivelli una volta al mese, nella sizigia prossima al perigeo, e minime maree, pure una volta al mese, nella quadratura prossima all'apogeo. I livelli di marea sono prossimamente eguali nella sizigia apogea e nella quadratura perigea. Le oscillazioni risultano in definitiva di ampiezza uniforme, presentando solo un gruppo mensile di maggiori fluttuazioni e uno di fluttuazioni minori, nelle epoche accennate (Figg. 26-27, §. 112).

Il ritmo descritto prevale in tutto il mar Rosso, escluse le ristrette zone nodali di Tor, Port Sudan e Assab, ove le onde semidiurne, e con esse le disuguaglianze relative, si rendono evanescenti. Le disuguaglianze anomalistiche costituiscono il carattere specifico prevalente delle maree semidiurne di tutto il mar Rosso.

LE MAREE DIURNE

§. 116 — Nel mar Rosso le maree diurne si presentano con questi due caratteri specifici (Figg. 29-30; V. pagg. seguenti):

a) ampiezze molto piccole, a confronto di quelle delle onde semidiurne, e sensibilmente eguali in tutto il mare, da Suez al 15° parallelo; più oltre le ampiezze subiscono un forte incremento;

b) simultaneità di fase in tutta la zona marina a nord degli arcipelaghi Dahalak-Farisan, e fase invertita a sud.

Nel golfo di Suez le ampiezze dell'onda diurna K_1 assumono i massimi valori: 5 cm. a Suez, circa 4 a Tor. Per ragioni già dette non abbiamo ottenuto dati attendibili per K_1 nell'analisi delle stazioni di Zafarana e Ras Gharib, nelle quali località si dovrebbero avere valori intermedi fra quelli di Suez e di Tor. E anche per Gidda si ha un errore evidente di oltre un cm. nelle ampiezze, e di mezz'ora nei numeri kappa.

Dallo stretto di Giubal al mar Rosso meridionale l'onda K_1 ha valori oscillanti ovunque attorno ai 2 cm. Valori alquanto minori si hanno per l'onda declinazionale O_1.

A Massaua queste due onde si presentano ancora con gli stessi caratteri comuni a tutto il mar Rosso. A sud di Massaua, prima della trasversale di Kamaran, ha sede la zona nodale, con linee cotidali che dall'ora 11 tipica del mar Rosso, passano all'ora 23, che si mantiene nel bacino meridionale e nel golfo di Aden. Invece la zona nodale di O_1 è più a sud, e propriamente tra Kamaran e Assab. In questa stazione tanto la O_1, come la K_1, hanno già le ore cotidali proprie del mare Arabico.

Queste linee nodali non solo corrispondono a rapida transizione tra due opposte fasi, ma segnano anche la separazione netta tra il sistema delle maree dell'Indiano, caratterizzate da componenti semidiurne e diurne con pari ordine di grandezza, e il sistema del mar Rosso, ove le componenti semidiurne sono in assoluta prevalenza, riducendosi i termini diurni ad ampiezze estremamente piccole.

Oltre queste linee nodali, verso sud, i termini diurni si amplificano gradualmente. Ad Assab, e nella prossima linea nodale dell'onda M_2, venendo a mancare i termini semidiurni, quelli diurni costituiscono la quasi totalità della marea, che risulta nettamente di tipo diurno (Fig. 27). A Bab-el-Mandeb e nel golfo di Aden le componenti semidiurne e diurne crescono rapidamente in ampiezza, originando maree di tipo misto, con oscillazioni semidiurne ancora distinte, ma fortemente alterate dalle disuguaglianze declinazionali. L'andamento di queste maree viene a presentare gli aspetti stessi descritti per le correnti di Bab-el-Mandeb (§. 61).

Le influenze dei termini diurni sono debolmente sentite nell'interno del mar Rosso, avendo essi ampiezza estremamente piccola in confronto degli armonici semidiurni. Nelle zone nodali di Port Sudan e di Tor, ove i termini semidiurni tendono ad annullarsi, le maree diurne risultano quasi isolate e quindi in netta prevalenza, pur essendo sempre di piccola ampiezza. Le maree hanno ampiezze minime e nei mareogrammi si possono avere tutte le forme di transizione dal tipo misto a quello diurno.

Fig. 29

Linee cotidali e ampiezze della marea diurna K_1

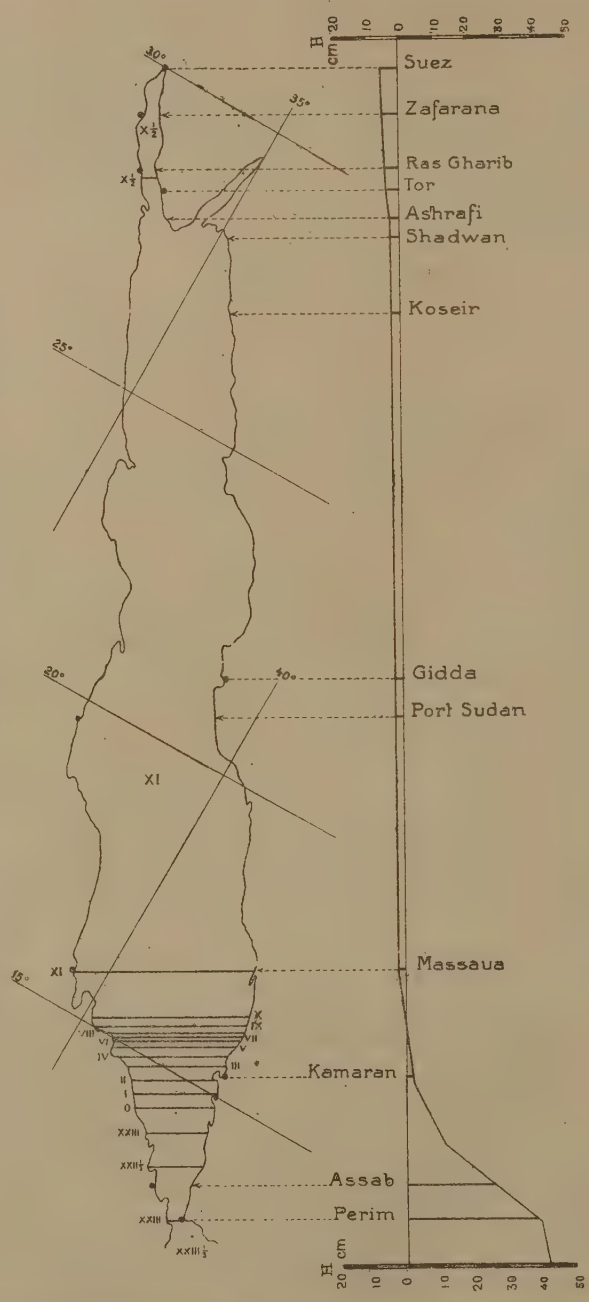
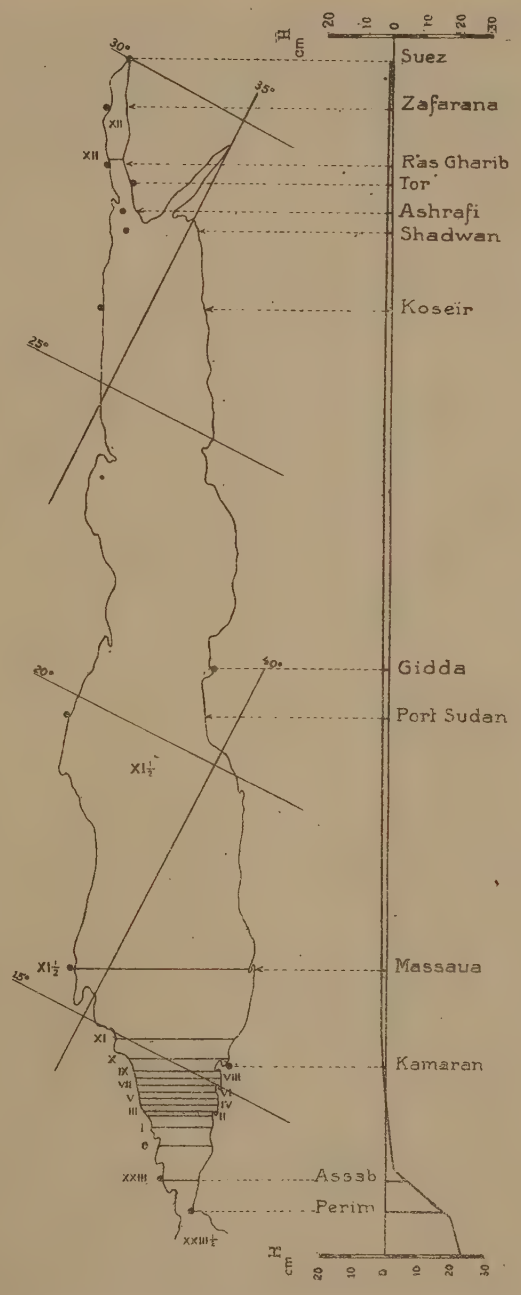


Fig. 30

Linee cotidali e ampiezze della marea diurna O_1



IL REGIME DELLE MAREE NEL MAR ROSSO

§. 117 — Come riassunto delle precedenti discussioni presentiamo un quadro, in cui sono precisate le forme tipiche delle maree nelle singole zone nodali e ventrali in cui si può dividere il mar Rosso, tenendo conto dei distinti regimi di marea in esso osservati.

Forme tipiche e distribuzione delle maree nel mar Rosso

ZONE	Forma tipica	Onda M		Onda K_1	
		H (cm)	Ora cotidale	H (cm)	Ora cotidale
1. Da Suez ai banchi a Sud di Tor	Semidiurna anomalistica	56 (Suez) 8 (Tor)	XI 1/3	5 (Suez)	X 1/2
Zona nodale per le onde semidiurne	Mista, o diurna, declinazionale	—	—	3.8 (Tor)	XI
2. Dai banchi Sud di Tor a Port Sudan	Semidiurna anomalistica	25 (Shadwan) 22 (Koseir)	IV	2.3 (Koseir)	XI
Zona nodale per le onde semidiurne	Mista, o diurna, declinazionale	—	—	2.3 (Port Sudan)	XI
3. Da Port Sudan ai bassifondi a Sud di Assab	Semidiurna anomalistica	35 (Massaua	X $\frac{1}{2}$ — XI	2.2 (Massaua)	XI
		33 (Kamaran)	XI — X	Zona nodale onda K_1 fra Massaua e Kamaran	
		8 (Assab)	X — IX	Zona nodale onda O_1 fra Kamaran e Assab	
Zona nodale per le onde semidiurne	Mista, o diurna declinazionale	—	—	18 Assab	XXII $\frac{1}{2}$ — XXII
4. Stretto di Bab-el-Mandeb e mare Arabico	Mista declinazionale	53 (Gibuti) 48 (Aden)	IV 1/2	40 (Gibuti) 40 (Aden)	XXIII $^1/_3$

COSTANTI NON ARMONICHE

§. 118 — Gli intervalli di tempo e le altezze determinanti il ritmo delle maree osservate costituiscono le costanti armoniche di un dato sito.

Nelle tavole di marea si sogliono dare le costanti seguenti, che nelle opere inglesi sono designate coi simboli messi in parentesi:
Stabilimento volgare di porto (H. W. F. &. C.), esprimente il ritardo della alta marea rispetto al transito lunare, nei giorni di novilunio e di plenilunio; *Altezze sizigiali di marea* (M. H. W. S.), *Altezze di marea nelle quadrature* (M. H. W. N.), *Livello medio di marea* (M. T. L.), ecc.

L'uso di tali costanti serve per valutazioni approssimate delle maree determinate essenzialmente dalle onde parziali semidiurne lunare e solare. Delle diverse ineguaglianze caratteristiche delle maree (ineguaglianze di *Fase*, *Anomalistiche*, *Declinazionali e Diurne*) si tiene conto solo di quelle dipendenti dalla distanza angolare tra sole e luna, e quindi dalle ore dei transiti lunari (ineguaglianza di *Fase*).

Talora invece dello stabilimento volgare (H. W. F. &. C.) si considera lo *Stabilimento medio* (M. H. W. I.), che è uguale al numero kappa dell'onda parziale M_2 (intervallo tra il transito della luna e il massimo dell'onda M_2).

Come osserva il Warburg (XXVI) «per quanto il metodo basato sull'uso delle costanti ora accennate si chiami non armonico, in realtà le onde semidiurne e quelle composte sono ritenute di forma armonica; questo metodo differisce da quello armonico solo in questo: che il metodo detto armonico considera le singole onde parziali, mentre quello non armonico considera globalmente la marea risultante. Le predizioni approssimate consentite da quest'ultimo metodo devono però essere fatte solo quando manchino informazioni per calcolare previsioni più esatte».

Adottando le costanti non armoniche dianzi descritte, si viene a supporre che le maree siano massime nelle sizigie, minime nelle quadrature. Ciò in realtà non è vero, poichè i termini anomalistici, declinazionali e diurni, anche se piccoli, possono spostare fortemente la posizione dei massimi e dei minimi; se poi tali disuguaglianze sono rilevanti si può raggiungere il caso estremo di avere nelle quadrature altezze di marea pari e anche maggiori di quelle sizigiali.

Nel mar Rosso siamo precisamente in presenza di maree caratterizzate da forti disuguaglianze anomalistiche, in tutto il mare, e di disuguaglianze diurne e declinazionali nelle zone nodali delle onde semidiurne e nel bacino contiguo al golfo di Aden.

§. 119 — Per dare idea del significato che assumono in questo mare le costanti non armoniche, riferiamo parte della tabella usata, nella valutazione delle costanti di Massaua, dall'Istituto Idrografico della Marina, e pubblicata negli « Annali Idrografici », Vol. 6, pag. 213.

	Stabilimento del porto	Ampiezza delle maree alle sizigie	Ampiezza delle maree alle quadrature
	1.7	104	71
	.7	85	50
	1.5	117	67
	1.2	83	55
	1.9	125	59
	1.0	83	49
	1.7	134	55
	1.1	94	52
	.	.	.
	.	.	.
Media	1.2	104	55
Massimo	1.9	134	71
Minimo	.7	83	36

I valori proposti per rappresentare le maree di Massaua sono quelli medi. Ma è evidente che tali valori non hanno mai una corrispondenza effettiva colle maree reali, poichè la marea sizigiale è sistematicamente più alta di quella media in prossimità del perigeo, e più bassa nell'apogeo; la marea delle quadrature può avere ampiezze notevolmente diverse da quella media, oscillando da un minimo di 36 cm. a un valore doppio, raggiungendo allora dislivelli quasi eguali a quelli delle maree sizigiali apogee; e le ore di ritardo dell'alta marea rispetto al transito lunare oscillano parimenti tra limiti che da 40 minuti salgono a quasi due ore, scostandosi di oltre mezz'ora dallo stabilimento medio di porto. L'adozione di valori medi, giustificata quando gli scarti dai valori effettivi sono lievi, in questo caso non ha più significato. Se poi invece di considerare epoche sizigiali o di quadrature, si considerano date intermedie, il valore pratico delle costanti viene maggiormente diminuito.

§. 120 — Neppure per le ricerche idrografiche l'uso delle costanti armoniche, dedotte da queste medie, può essere ritenuto conveniente. Il principio adottato nel definire il livello zero delle carte idrografiche, esplicitamente riconfermato con unanime voto alla Conferenza internazionale idrografica di Londra, nel 1919, è questo, che il livello zero sia lo stesso per le maree e per le carte, e sia corrispondente a un piano così basso che la marea non scenda frequentemente al di sotto di esso.

Adottando, nel mar Rosso, un piano di riferimento definito dalle medie maree sizigiali si verrebbe a porre lo zero ad un livello che sarebbe regolarmente oltrepassato una volta al mese, nelle sizigie perigee. Tale livello non sarebbe dunque conforme alle condizioni ora ricordate. Per queste ragioni nella campagna della *Magnaghi* fu adottato lo zero corrispondente al minimo livello delle maree perigee, come la natura dei fenomeni di marea impone sia fatto in mar Rosso.

§ 121 — Le «General Tide Tables» del Geodetic Survey, U. S. A., oltre alle costanti ordinarie, riferiscono anche gli elementi per tenere conto delle ineguaglianze declinazionali e diurne. E nelle colonne HWQ e LWQ (greatest periodic difference in height between two consecutive high waters or low waters) riferiscono i dati corrispondenti a un certo numero di stazioni del mar Rosso. I valori di questi dati sono dell'ordine di quelli attribuiti alle maree di Aden. Non si capisce come simili dati possano essere stati ammessi; le disuguaglianze diurne in mar Rosso, *sono ovunque dell'ordine di pochi centimetri, e non di parecchi piedi*, come è indicato nelle tavole americane. Le differenze sistematiche tra consecutivi massimi, o consecutivi minimi (Fig. 26 27), sono poco apprezzabili e formano un carattere secondario delle maree del mar Rosso. Anche nelle tre zone nodali le ineguaglianze tropiche sono dell'ordine di pochi centimetri. Carattere distintivo è invece l'ineguaglianza anomalistica, che fu ampiamente precisata, in questo capitolo, ed è rispecchiata anche dalle alternanze dei valori riferiti nella precedente tabella di Massaua.

Per caratterizzare le maree del mar Rosso, alle altezze di marea sizigiali e quartolunari si dovrebbero sostituire le altezze delle *maree perigee sizigiali*, e delle *maree apogee delle quadrature*, le quali hanno un significato definito e si ripetono, con alterazioni non molto notevoli, ogni mese.

§. 122 — Per quanto riguarda lo stabilimento di porto ci troviamo di fronte a una quantità che non trova corrispondenza determinata nei fenomeni effettivi del mar Rosso, per l'azione non più trascurabile dell'onda semidiurna ellittica lunare N_2. Lo stabilimento volgare (H. W. F. &. C.) adottato nelle tavole di marea e nelle carte nautiche inglesi è definito dalle mutue relazioni fra le onde M_2 e S_2. Ove l'onda N_2 prevalga su S_2, come è il caso nostro, lo stabilimento di porto non può avere che un valore di indeterminata approssimazione. Questa indeterminatezza si accentua maggiormente se i valori sono dedotti senza la conoscenza delle costanti armoniche, come sono tutti quelli usati sinora in mar Rosso (esclusi solo i due estremi di Suez e Perim). Solo l'ordine di grandezza ha ancora un significato; ma determinazioni diverse dànno luogo a valori parimenti diversi.

§. 123 — In un prospetto riassuntivo riuniremo tutti i valori conosciuti per le costanti non armoniche del mar Rosso. Per le undici stazioni, delle quali abbiamo determinato le costanti armoniche, dedurremo gli stabilimenti di porto in base alle costanti stesse. I dislivelli estremi di marea saranno valutati in base alla media dei massimi e dei minimi dislivelli rilevati nelle sizigie perigee e nelle quadrature apogee. I valori così ottenuti differiscono notevolmente dai dati che riportiamo dalle opere nautiche, citate nel prospetto. Questi dati sono dedotti da semplici rilievi mareometrici, di estensione non sempre nota, e non tengono conto delle ineguaglianze anomalistiche; talora poi non corrispondono affatto ai valori delle zone adiacenti e non sembrano attendibili. Tali sono alcune costanti delle stazioni di Sherahib, Dissey, Mokha, Ras Makaua, ecc.

§. 124 — La deduzione degli stabilimenti di porto dalle costanti armoniche viene qui fatta col metodo consigliato dal Frochot (X).

Precisiamo anzitutto che adottiamo questa definizione: «Lo stabilimento di porto è il ritardo S, espresso in ore, con cui la marea raggiunge il massimo

dopo il transito della luna in meridiano, nell'epoca in cui sole e luna si trovano sull'equatore, a distanza media dalla terra, e transitano insieme al meridiano **superiore» (X).**

Indichiamo con

S' un valore approssimato di tale stabilimento;

k_m e k_s i numeri kappa delle onde M_2 e S_2;

H_m e H_s le ampiezze delle onde stesse;

φ il ritardo, espresso in gradi, dell'alta marea rispetto al transito lunare, valutato approssimativamente colla relazione.

$$\varphi = 0^\circ\ 31' \times S',$$

x una variabile, che và determinata con la condizione che la marea assuma la massima ampiezza nell'istante t (in gradi).

Si hanno allora le seguenti formule per il calcolo di S:

$$\text{tang } 2x = \frac{-\text{sen } 2\left(\varphi + \frac{k_m}{2} - \frac{k_s}{2}\right)}{\frac{H_m}{H_s} + \cos 2\left(\varphi + \frac{k_m}{2} - \frac{k_s}{2}\right)}$$

$$t = x + \varphi + \frac{k_m}{2}$$

$$S = \frac{t^\circ}{15^\circ}$$

Il calcolo degli stabilimenti di porto, sulla base di queste formule, per Suez e Aden, conduce agli stessi valori sinora adottati.

Per le stazioni delle quali furono ora valutate le costanti armoniche si hanno valori che correggono quelli approssimati finora in uso. Per le stazioni di Zafarana e Ras Gharib le nuove determinazioni sembrano superiori forse di qualche minuto ai valori reali; esse, ad ogni modo, sono certamente più corrette dei vecchi valori, evidentemente errati, ed esprimono una simultaneità quasi assoluta nelle fasi di marea nel golfo settentrionale di Suez, resa evidente dalla quasi identità dei numeri kappa (§. 106).

Le correzioni più notevoli, portate dalle nuove determinazioni, si riferiscono alle stazioni prossime alle zone nodali, ove lo stabilimento di porto cessa però anche di avere un significato preciso nelle applicazioni pratiche. Così per Tor si trovano $9^h\ 30^m$, invece di 6^h; per Gidda 7^h invece di $4^h\ 2^m$, ecc.

§. 125 — Riuniamo, nel seguente prospetto, il complesso dei dati vecchi e nuovi riguardanti gli stabilimenti di porto e i dislivelli di marea. Le medie ampiezze delle maree massime, date nella colonna (a), sono desunte direttamente dai diagrammi. I valori che si trovano esposti in opere diverse sono attinti generalmente alle fonti inglesi e riescono quindi uniformi. Differiscono molto le ampiezze attribuite alle maree. I valori dati per questo elemento, nell'ultima colonna, sembrano essere i più attendibili; essi sono tolti in gran parte dalle «General Tide Tables» degli S. U.

COSTANTI NON ARMONICHE

(*a*) nuove determinazioni; (*b*) dalle carte inglesi; (*c*) dalle Gez. Tafeln; (*d*) dalle Gen. Tide Tables (U.S.A).

STAZIONI	Stabilimenti di porto			Medie maree massime		Medie maree minime	
	(*a*)	(*b*)	(*c*)	(*a*)	(*b*,*c*,*d*)	(*a*)	(*b*,*c*,*d*)
	h m	h m	h m	cm	cm	cm	cm
Suez	11. 54	11. 56			210		85
Sheratib	— —	11. 0			90?		
ZAFARANA	11. 58	11. 0		150	170	55	70
RAS GHARIB	11. 57	11. 30		62	50	30	18
TOR	9. 21	6. 0		40	40	20	
ASHRAFI	6. 30	6. 0		45	55	16	
Ras Ikneisi	— —	— —	5. 30		50		
SHADWAN	6. 30			80	—	25	
Omeider, Akàba		6. 0			120		48
I. Gifatin		6. 0			60		
I. Brothers		6. 0			60		24
KOSEIR	6. 20	6. 0		80	90	30	
Hassani		6. 30			90		40
Mersa Shab		6. 0					
Mohammed Ghul		7. 38			30		
GIDDA	7.	4. 2		24	60	12	24
PORT SUDAN	10. 20			14		5	
Suakim					30		21
Trinkeitat					30		
Jinnabiyàt		1. 10			45		
MASSAUA	1. 36			120	120	40	51
Dissey			1. 20		90?		
Annesley			1. 0		150		
Ras Maurech		0. 30			120		
KAMARAN	1. 9		10. 0	105	110	32	
Loheia		1. 30			90		36
Abu-Ail		1. 0			75		
Mokha		0. 0			135?		60
ASSAB	11. 12			28		10	
Ras Makaua		0. 20			75?		
Ras Bab-el-Mandeb		8. 0			214		
Perim		7. 57			200		90
Aden	7. 56	7. 55			210		130
Gibuti		7. 43					
Obokh		8. 15			250		

DATI RACCOLTI DALLE NAVI IDROGRAFICHE DELLA R. MARINA

§. 126 — Negli «Annali Idrografici» pubblicati dall'Istituto Idrografico della Marina, in Genova, si trovano parecchie indicazioni sulle maree delle zone, ove le Navi idrografiche fecero rilievi, dal 1880 in poi.

Questi dati si riferiscono ancora, come quelli precedentemente ricordati, agli stabilimenti di porto, alle maree massime sizigiali e alle maree minime delle quadrature. Tali dati sono dedotti da serie di osservazioni mareometriche, fatte talora per intervalli abbastanza lunghi e con osservazioni orarie, e talora invece in base a osservazioni più limitate. Riuniamo nel seguente prospetto i valori noti, aggiungendo l'indicazione della campagna idrografica e dell'anno in cui furono rilevati.

STAZIONE	Stab. di porto ore minuti	Mass. marea cm.	Min. marea cm.	NAVE
Confine Sudan-Eritrea	0 45	27	20	*Staffetta*, 1913-14
Taclai	0 29	33	20	»
Abrhud (NW di Difnein)	0 43	43	36	» , 1912-13
Massaua	0 17	130	80	*Scilla*, 1886
Nocra	1 51			» , »
Dilemmi	1 16	103	74	*Staffetta*, 1913-14
Dissey	1 20			*Scilla*, 1886
Shumma	1 12			» , »
Adiuz	1 20	120	80	» , »
Arena	1 10	117	85	*Staffetta*, 1913-1914
Anfila	1 21			*Scilla*, 1886
Canale Rubattino	0 05	70	40	» , »

Altri rilievi mareometrici furono fatti dalla *Magnaghi* ma si tratta di serie troppo brevi per deduzioni di costanti. Tali rilievi dimostrano però che le ampiezze dei dislivelli di marea crescono da 30 a 40 cm. da Massaua verso la zona Houakil-Bakà, subendo inoltre un sensibile ritardo di fase.

Le altezze di marea ora riferite non tengono conto delle ineguaglianze anomalistiche.

Le altezze attribuite alle maree sizigiali sono perciò notevolmente minori delle massime maree che si hanno al perigeo. Per analoghe ragioni le altezze attribuite alle minime maree sono notevolmente maggiori di quelle effettive nelle quadrature apogee.

Gli stabilimenti di porto si inquadrano abbastanza bene nella successione dei valori dati nel quadro generale. La nuova determinazione fatta per Massaua ($1^h\ 36^m$) porta una correzione di 24 minuti al medio valore comunemente ammesso ($1^h\ 12^m$). Gli stabilimenti di porto attribuiti alle altre stazioni prossime a Massaua sembra debbano essere analogamente variati. Per le stazioni lontane, tolta qualche eccezione (Taclai), i valori qui riportati segnano un regolare trapasso verso i valori propri alle adiacenti zone marine.

CAPITOLO VIII

Considerazioni sulla dinamica e sulla distribuzione dei moti marini nel Mar Rosso.

LE MAREE DEL MAR ROSSO, SECONDO LE TEORIE DI R. A. HARRIS

§. 127 — Il quadro generale delle maree mondiali, tracciato da R. A. Harris (XIII), largamente noto e riassunto in tutte le opere moderne di mareografia, deriva dalla concezione, che l'azione preponderante nei fenomeni di marea sia dovuta ad onde stazionarie, mantenute per risonanza. Ogni mare sarebbe dominato da quelle onde di marea che risultano avere periodi prossimi a quelli delle onde proprie del bacino marino, onde che sono stazionarie ed armoniche, ove si faccia astrazione dalla forza centrifuga composta (XVI).

Questo principio induce alla conseguenza che in ogni bacino debbano esistere regioni, in cui le ore cotidali sono sensibilmente costanti, separate da linee nodali, ove le linee cotidali sono rinserrate una presso l'altra.

L'idea dominante della teoria di Harris, come la figurazione delle linee cotidali a cui essa conduce, sono in opposizione colla antica concezione di Whewell, che ascriveva le maree a onde progressive propagantesi dall'Antartico agli altri oceani. Ma la teoria di Whewell, in seguito agli studi di Hough sull'attrito marino, risulta incompatibile coi principi della meccanica, e neppure riesce a sufficiente accordo coi fatti (XVI).

La presenza di onde progressive è ammessa tuttavia anche nelle teorie di Harris, poichè tanto la forza centrifuga composta quanto un diverso regime di marea, in mari contigui, provocano onde progressive e distanziamenti fra le linee cotidali, anche in presenza di risonanza perfetta.

La coesistenza di onde stazionarie, di eguale periodo, ma di diversa direzione, come la presenza di onde progressive determinate dalla forza centrifuga composta, possono originare una distribuzione di linee cotidali simile a quella che si ha in un fascio di rette. Il centro del fascio corrisponde a una zona anfidromica, con marea quasi nulla e quindi indeterminata. In questo caso le linee cotidali si seguono, nel fascio, nel verso di una rotazione ciclonica

(opposta a quella dell'orologio) nell'emisfero nord, e anticiclonica nell'emisfero sud, se l'azione determinante è la forza centrifuga composta. Nei pressi dell'equatore si può avere, e si ha difatti nel punto anfidromico equatoriale del Pacifico, direzione opposta a quella ora descritta; ma in tal caso il fattore determinante non è la forza centrifuga composta, quasi nulla nei pressi dell'equatore, ma l'interferenza di due sistemi di onde stazionarie.

Sulla base di questi principi il Sig. Harris ha collegato, in una sintesi generale, l'insieme delle osservazioni che si posseggono sulle maree.

Dall'esame di questa sintesi H. Poincaré trae la conclusione che la teoria di Harris, per quanto presenti ancora taluni lati deboli, corrisponde bene all'esperienza, nelle linee generali; e aggiunge:

« Il est vraisemblable que la théorie définitive devra emprunter à celle de Harris une part notable de ses grandes lignes » (XVI, pag. 403).

§. 128 — Il mar Rosso, come in generale ogni mare chiuso, offre alle vedute di Harris conferme molto espressive. Finora erano mancate notizie sufficienti per un controllo preciso, poichè le notizie possedute si riferivano quasi esclusivamente alle due estremità; limitati e grossolani erano i dati noti per la parte interna del mare. I nuovi dati permettono di compiere con maggiore esattezza questo controllo.

Abbiamo determinato l'esistenza di tre linee nodali per l'onda semidiurna M_2; una nella parte inferiore del golfo di Suez, presso i banchi di Tor; una sulla trasversale di Port Sudan; e l'ultima nella zona tra Assab-Mokha e Bab-el-Mandeb (Fig. 28).

Le linee cotidali, in queste tre zone, sono molto prossime fra loro; e nei quattro bacini da esse separati prevalgono ore cotidali sensibilmente costanti; circa ore 9 nel golfo di Suez; ore 4 nel mar Rosso settentrionale; ore 10,5 in quello meridionale; e 4,5 nel golfo di Aden. Nel mar Rosso l'onda M_2 corrisponde a un'oscillazione trinodale del bacino.

La zona di mare compresa tra le linee nodali estreme, zona che abbraccia tutto il mar Rosso propriamente detto fra lo stretto di Giubal e la sella sottomarina a nord di Bab-el-Mandeb, è considerata da Harris come un canale a sè, chiuso; esso corrisponderebbe a una semilunghezza d'onda per la marea M_2; dovrebbe avere una linea nodale nella parte centrale, linea che abbiamo difatti precisato esistere in prossimità della trasversale di Port Sudan. Ai due lati di questo nodo prevalgono sincroni dislivelli di marea. Valutata la profondità media del bacino in 640 m., la teoria assegnerebbe al bacino una lunghezza di 954 miglia, valore di poco inferiore a quello effettivo, che è di 972 miglia fra Giubal e Bab-el-Mandeb. Le ore cotidali calcolate coincidono con quelle effettive per la parte sud, ore 10,5; e differiscono di mezz'ora nella parte nord (valore teorico 4,5, effettivo 4).

§. 129 — Il canale di Suez viene considerato come altro bacino a sè, chiuso alla linea nodale di Tor; e anche in questo caso la teoria, tenuto conto della piccola profondità media del golfo, circa 37 m., riesce a risultati, che rispecchiano fedelmente le osservazioni. Il golfo di Akaba invece, meno lungo di quello di Suez e molto profondo, non può essere sede di linee nodali, e le sue maree sono in concordanza di fase con quelle del mar Rosso.

§. 130 — Oltre a Bab-el-Mandeb siamo di fronte a quello che Harris chiama «sistema nord indiano» con un punto anfidromico, per le onde semidiurne, in prossimità dell'equatore, e con linee nodali molto differenziate sulle coste della Somalia. Il golfo di Aden viene a trovarsi tra le linee 4 e 5, in accordo colle osservazioni, che assegnano l'ora 4,5 alle adiacenze di Bab-el-Mandeb.

§. 131 — L'Oceano Indiano, fra l'Australia e la costa africana, costituisce inoltre uno dei più noti sistemi diurni, nel quale le onde diurne trovano una forte risonanza. In questo sistema si ha l'ora cotidale 24 sulla costa africana, e 12 su quella australiana.

L'azione di questo sistema diurno si fa sentire debolmente nell'interno del mar Rosso, che non sembra avere dimensioni idonee per la risonanza delle onde diurne. Abbiamo visto che le ampiezze di queste onde diurne decrescono rapidamente da Perim verso la zona tra Kamaran e Massaua, per mantenersi poi quasi costanti in tutto il mar Rosso.

L'ora cotidale è circa 23,5 a Perim; varia poi rapidamente da 0 a 6 nei pressi delle linee nodali (§. 116); oltre queste linee vi è un brusco trapasso dalle ore 6 alle 11,5, valore che poi domina costante in tutto il mar Rosso, per l'onda O_1, mentre la K_1 conserva il valore 11. Nel golfo di Suez l'ora cotidale della K_1 subisce un lieve aumento, e passa al valore 11,5, come la O_1 (Fig. 29-30).

Anche le onde diurne hanno quindi nel mar Rosso il carattere di onde stazionarie, con linee nodali, distinte per ogni onda, nella parte meridionale del bacino; l'ora cotidale risulta quasi identica a quella della parte inferiore del bacino diurno indiano (12 ore). Mancando condizioni favorevoli alla risonanza, l'ampiezza delle maree diurne è estremamente piccola.

§. 132 — L'esame della distribuzione delle linee cotidali, tracciate sulla base dei risultati delle nuove analisi (Fig. 28-29-30), dimostra che in realtà tali linee, per quanto riunite in gruppi, risultano pur sempre distinte e alquanto distanziate, indicando così che le onde stazionarie non sono pure, ma sovrapposte ad onde progressive. L'esistenza di onde progressive è necessaria conseguenza di questi due fatti: La vasta distesa di isole e di scogliere produce attrito non trascurabile nella libera propagazione delle onde di marea, specialmente nelle espansioni marine degli arcipelaghi Dahalak e Farisan, come nelle zone dei bassifondi del mar Rosso meridionale e nello stretto di Giubal; le maree osservate sono in anticipo generalmente sulle maree statiche, e questo anticipo non può esser mantenuto che da onde progressive provenienti dal largo. Si tratta tuttavia di anticipo assai lieve, e anche le onde progressive risultano perciò poco rilevanti e tali da non alterare notevolmente il regime dominante delle onde stazionarie.

La prossimità del mar Rosso alla zona equatoriale e le dimensioni ristrette della larghezza, a confronto della lunghezza, operano in guisa che la forza centrifuga composta non eserciti azione particolarmente sensibile; non esistono punti anfidromici e le linee cotidali sono normali all'asse marino, a differenza di quanto avviene nell'Adriatico (XXI), mare che per orientamento e forma ha tratti di somiglianza con il mar Rosso.

§. 133 — Le idee direttrici delle teorie di Harris sembrano dunque dar ragione chiara dei fenomeni di marea nel mar Rosso, tanto dal punto di vista delle maree diurne, come da quello delle maree semidiurne.

I calcoli dei periodi delle oscillazioni proprie vennero però fatti finora in modo del tutto rudimentale, poichè considerano separatamente singoli tratti del bacino marino, limitati da linee nodali sperimentalmente rilevate; ogni tratto è assimilato a un canale con sezione regolare e profondità media uniforme, facendo astrazione quindi dalla effettiva morfologia marina.

I progressi compiuti negli ultimi anni nella teoria delle sesse lacuali e delle oscillazioni marine consentirebbero ora uno studio più completo delle oscillazioni proprie del mar Rosso, tenendo conto della forma effettiva del bacino; le linee nodali e i periodi delle diverse oscillazioni proprie risulterebbero precisati; i dati sperimentali posseduti consentirebbero di controllare meglio sino a quale punto, e con quali alterazioni, avvengano i fenomeni di risonanza delle maree.

Oltre alle onde proprie con tre linee nodali, che risuonano coll'onda M_2, e quelle con una sola linea nodale, che corrispondono, sia pure debolmente, alle onde diurne, potrebbero esistere altri tipi di oscillazioni, con proprie linee nodali, tipi che non avrebbero riscontro colle onde di marea. Inoltre queste oscillazioni proprie, come avviene nell'Adriatico (XXV), potrebbero manifestarsi indipendentemente dalle maree, generando oscillazioni debolmente smorzate, e quindi persistenti per lunghi intervalli. La sovrapposizione di queste onde a quelle di marea provocherebbero alterazioni occasionali notevoli nel ritmo normale di marea.

Come si vede il problema è lontano ancora da una soluzione completa. Le vedute di Harris tracciano le linee generali e danno una spiegazione qualitativa, di valore fondamentale. Ma rimarrebbe da compiere tutto un più fine lavoro di indagine, che per l'estensione che richiede esorbiterebbe dai limiti di questo lavoro.

IL PROBLEMA DELLE MAREE TRATTATO COL METODO DI FREDHOLM

§. 134 — Le integrazioni delle equazioni delle maree, col metodo di Fredholm, elaborate dal Poincaré (XVI), forniscono una soluzione teorica completa del problema. La necessità di tenere conto delle variabili profondità e delle forme dei bacini marini, si risolve però, in pratica, in difficoltà quasi insormontabili. Il Poincarè stesso ammette che, pur adottando una legge schematica semplificata, i calcoli riuscirebbero talmente complessi, da rappresentare un lavoro sproporzionato all'incerta approssimazione dei risultati. Lo stesso autore ritiene utile tuttavia che il metodo di Fredholm sia applicato, se non a bacini oceanici, almeno a qualcuno dei bacini sistematici considerati da Harris. Le semplificazioni adottate da Harris nella valutazione dei periodi delle oscillazioni non garantiscono molta approssimazione nei risultati. I lemmi

stessi, posti a base della teoria, corrispondono in parte a semplici intuizioni; sarebbe desiderabile che si riuscisse a dare ad essi una più solida base. La teoria di Harris, nei punti essenziali, non pare dia luogo a dubbi; i soli punti sui quali può estendersi il dubbio sono l'esatta valutazione dell'azione dell'attrito e l'influenza sconosciuta delle maree interne del globo. Se fossero determinati con grande precisione i valori teorici delle maree proprie della massa liquida in area ben delimitata, sarebbe possibile, per confronto colle osservazioni, separare la parte che va ascritta all'attrito e quella dipendente dalle maree della crosta solida.

§. 135 — Il mar Rosso rappresenta uno dei bacini marini che meglio sembrano prestarsi per questo genere di indagini. E per il mar Rosso soltanto, per quanto ci consta, fu tentata sinora l'applicazione concreta dei metodi delle equazioni integrali. Le difficoltà, segnalate dal Poincaré, non tolsero che il tentativo venisse compiuto da un giovane astronomo francese, A. Blondel, immaturatamente caduto sui campi di guerra. In una tesi di laurea, presentata a Tolosa (I), il Blondel trattò il problema della marea nei canali sulla base delle teorie del Poincaré e ne fece applicazione al mar Rosso. Non abbiamo potuto avere il lavoro originale; ma stando a una notizia riferita dal Fichot (IX), i risultati numerici non sarebbero in sufficiente accordo colle osservazioni, forse perchè non fu tenuto conto dell'attrito, o furono negletti termini del potenziale, che invece debbono essere tenuti in conto.

Il problema rimane quindi ancora aperto per altri tentativi che nei nuovi dati sperimentali troverebbero basi per più accurati controlli delle teorie e delle deduzioni.

RELAZIONI FRA MAREE E CORRENTI

§. 136 — Lo studio delle maree e delle correnti fu compiuto, nei precedenti capitoli, considerando separatamente i due ordini di ricerche, e limitatamente ai caratteri cinematici dei fenomeni.

Esamineremo ora le mutue relazioni tra maree e correnti.

I fenomeni di marea costituiscono solo uno degli aspetti del problema dinamico delle correnti. Gli altri fattori che agiscono sui moti marini possono venire raggruppati in due serie:

1) Temperatura e salinità dell'acqua; questi fattori influiscono sulla densità delle masse d'acqua, e colle loro variazioni alterano lo stato di equilibrio dinamico.

2) Azioni atmosferiche rappresentate principalmente dalle distribuzioni e variazioni della pressione e del vento; queste azioni provocano alterazioni di equilibrio specialmente negli strati superficiali.

L'azione delle maree si risolve in moti ritmici alterni; quella degli altri fattori determina invece scorrimenti continuativi delle masse d'acqua, e quindi correnti progressive, o di deriva.

Ove si abbiano dati sufficientemente estesi, dalle correnti effettive si possono scindere le correnti di marea; si viene così a rendere possibile lo studio distinto dei due ordini di movimenti.

Ci limitiamo a qualche accenno alla dinamica delle correnti del mar Rosso, considerando principalmente le correnti di marea. Una più completa discussione dei moti progressivi sarà fatta in una successiva relazione, dopo esposti i dati di osservazione relativi ai caratteri fisici dell'acqua e dell'atmosfera.

§. 137 — Abbiamo precisato, nel Cap. VII, il regime di marea nei due mari adiacenti agli stretti di Bab-el-Mandeb.

Le maree del golfo di Aden sono sensibilmente uniformi sino all'isola di Perim. Oltre l'isola, e più intensamente nei pressi della sella sottomarina situata circa 12 miglia a nord, si inizia un rapido trapasso a un diverso regime di marea. Tutte le maree parziali subiscono una fortissima diminuzione di ampiezza; quelle semidiurne subiscono inoltre uno sfasamento di circa sei ore; ai due lati della sella si hanno maree semidiurne sincrone ed opposte.

In altre parole il canale che congiunge il mar Rosso col golfo di Aden è sede di una linea nodale per le maree semidiurne: queste hanno ivi scorrimenti orizzontali massimi, tendenti a colmare gli alterni dislivelli che si stabiliscono fra i due mari adiacenti. Le correnti di marea sono prevalentemente dovute a questi dislivelli delle opposte maree semidiurne.

Le maree diurne esercitano azione di altra natura sulle correnti. Queste maree hanno la stessa fase in tutto il golfo di Aden e nel mar Rosso meridionale; le linee nodali, che segnano il passaggio a zone marine con fase opposta, si trovano molto lontane da Bab-el-Mandeb, nel settore fra Kamaran e Massaua (Fig. 29-30). La via di Bab-el-Mandeb, e tutta la zona del mar Rosso meridionale, tra Perim e le isole vulcaniche del gruppo delle Hanisch, fa parte ancora della zona ventrale del sistema indiano.

Per le onde diurne, come per quelle semidiurne, abbiamo quindi onde di marea di tipo prevalentemente stazionario; con questa differenza, che la zona nodale delle onde semidiurne, a nord di Perim, corrisponde a una zona ventrale delle maree diurne. Il risultato globale delle influenze delle maree sulle correnti è espresso dai valori delle costanti armoniche (§§. 32, 106). I rapporti fra le ampiezze dei termini semidiurni e diurni variano da quota a quota per le correnti (§. 33); a quota 100 m. le curve di correnti hanno rapporti analoghi a quelli delle maree del golfo di Aden; sono cioè di tipo misto semidiurno e diurno. A quote più elevate le correnti accentuano maggiormente l'influenza dei termini diurni; a quote inferiori assumono nettamente gli aspetti delle maree di tipo diurno, senza tuttavia raggiungere i valori estremi delle maree diurne locali (Fig. 27).

§. 138 — Le fasi relative delle maree e delle correnti sono espresse da queste relazioni, in cui k' sta ad indicare i valori dei numeri kappa con riferimento al tempo di Aden.

Onda M_2; Aden, $k'=26°$;
correnti di Bab-el-Mandeb, quota 5, $k'=302°$;
Kamaran, $k'=33°$.

Il valore di Aden si mantiene quasi uniforme sino a Perim; quello di Kamaran sino ad Assab. Relazioni affini si hanno per le altre maree semidiurne. La corrente, per quanto riguarda la componente M_2, e in genere i termini semidiurni, è dunque in ritardo di circa due ore e mezza sulla marea del golfo di Aden; e in anticipo di tre ore su quella del mar Rosso meridionale.

La corrente è quindi sfasata di circa un quarto di periodo rispetto alle maree di ognuno dei due bacini adiacenti.

La corrente semidiurna è nulla quando uno dei mari è al massimo livello e l'altro al minimo. Scorre dal mare in cui la marea decresce verso quello in cui la marea sale. Raggiunge i massimi valori quando i due mari sono allo stesso livello.

Questa legge generale si riferisce a quella parte dei fenomeni che dipende da oscillazioni semidiurne. Per le onde diurne, come fu osservato, non esiste alcuna variazione notevole di fase, attraverso Bab-el-Mandeb, situato in una zona ventrale per tali onde. Le linee nodali sono più a nord; la differenziazione delle linee cotidali si delinea nelle zone delle isole tra Assab e Kamaran.

§. 139 — A Bab-el-Mandeb si hanno questi valori per i numeri k' della onda K_1:

maree, $k'=35^0$;
correnti superficiali, $k'=122^0$.

La differenza è di circa 90^0. Differenze poco diverse si hanno per le altre onde diurne.

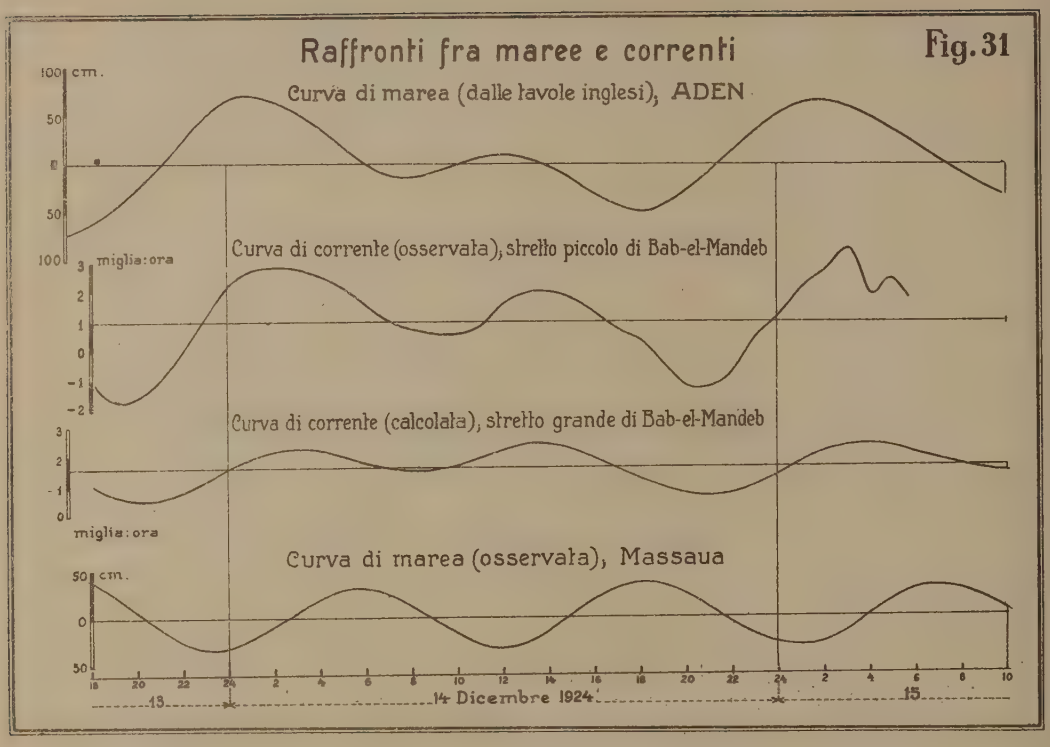
Le correnti diurne di marea sono in ritardo di 90^0, (cioè un quarto di periodo), rispetto alle maree diurne locali. Quando la marea diurna localmente decresce, la corrente scorre verso Nord; quando cresce, scorre verso Sud.

§. 140 — In definitiva tanto le maree semidiurne, come quelle diurne, per quanto dipendenti da azioni diverse, operano sulle correnti nello stesso senso. Alla corrente complessiva può essere dunque estesa la norma:

Le correnti di marea negli stretti di Bab-el-Mandeb e delle adiacenze seguono le maree del golfo di Aden, con ritardo di circa un quarto di periodo; entrano nel mar Rosso quando la marea decresce nel golfo, e scendono a sud quando la marea aumenta.

Nel mar Rosso cessando di avere influenza le maree diurne, restano in assoluta prevalenza i termini semidiurni; le curve di marea ivi non hanno più analogia alcuna di forma con quelle delle correnti del mar Rosso meridionale.

§. 141 — Per dare un esempio evidente delle relazioni ora descritte presentiamo nella Fig. 31 alcuni grafici di marea di Aden e di Massaua, messi a raffronto colle contemporanee curve di corrente negli stretti di Bab-el-Mandeb. Le maree di Massaua e le correnti nello stretto piccolo sono osservate. Le maree di Aden sono dedotte dalle «Tide Tables» inglesi; le correnti dello stretto grande sono ricavate dalle nostre tavole delle correnti (Cap. IV), per l'epoca di dicembre e per l'età lunare della data (4.6 il giorno 13 dicembre 1923).



Nel mettere a raffronto queste quattro curve dobbiamo fare astrazione dalla forma, molto diversa da caso a caso, trattandosi di fenomeni che hanno caratteristiche variabili col sito che si considera. Di fronte alle maree semidiurne quasi pure di Massaua, abbiamo quelle miste di Aden, mutevoli di aspetto secondo la stagione e l'età lunare; e abbiamo le curve di corrente, pure di tipo misto, ma con caratteristiche che le differenziano fra loro come dai diagrammi mareografici di Aden.

Le curve che presentano fra loro maggiore analogia di forma, nell'epoca considerata, sono quelle delle maree di Aden e delle correnti nello stretto piccolo. Abbiamo già rilevato altrove (§. 67) che questo stretto si allontana assai dal ritmo di corrente prevalente nel grande canale.

Ci limitiamo ad esaminare le posizioni relative dei punti caratteristici delle diverse curve, cioè dei massimi, dei minimi e dei punti di flesso.

Le relazioni numeriche, dianzi precisate, si trovano qui verificate solo in via approssimativa; e non potrebbe essere altrimenti, date le deformazioni mutevoli che le curve di tipo misto presentano, mentre quelle di tipo semidiurno mantengono regolare equidistanza tra corrispondenti fasi. Avuto riguardo a questo fatto, e tenuto presente che la marea di Massaua è ritardata di circa un'ora rispetto a quella di Kamaran e del bacino meridionale del mar Rosso, si rileva che effettivamente le curve di corrente sono posticipate di circa un quarto di periodo rispetto a quelle di marea del mar Rosso meridionale. Si verifica pure la relazione generale, che la corrente fluisce dal mare in cui la

marea decresce, verso quello in cui aumenta, raggiungendo i massimi valori assoluti quando i due mari, nelle opposte fluttuazioni, momentaneamente sono allo stesso livello.

Nello stretto piccolo la corrente è in anticipo di oltre un'ora su quella dello stretto principale, e quindi le relazioni descritte vanno corrispondentemente modificate.

§. 142 — Procedendo dal golfo di Aden verso l'interno del mar Rosso, lungo il canale grande, abbiamo verificato che la corrente si presenta quasi simultaneamente per vasta zona attorno a Perim, poi si inizia un ritardo di propagazione, che è tuttavia minore di quello corrispondente a una propagazione per semplice flusso delle acque.

Questi ritardi furono precisati nei Cap. V e VI e saranno riassunti nel prospetto del §. 164.

Si rileva che in tutta la zona ove le correnti di marea sono bene distinte, da Bab-el-Mandeb alla zona marina situata a sud degli arcipelaghi Dahalak-Farisan, la corrente presenta ritardi sensibili tra l'isola di Perim e la sella dei minimi fondali, dodici miglia più a nord. In seguito si ha quasi simultaneità di fase. Tutte le curve di corrente osservate oltre la sella risultano spostate in modo uniforme, circa un'ora e mezza rispetto a quelle che si hanno al largo di Perim.

§. 143 — Le ampiezze delle curve di corrente restano quasi uniformi solo nel bacino che da Perim si estende alle adiacenze della sella, esclusi i bassi fondali a nord dell'isola e presso la costa araba, ove la corrente può annullarsi e anche invertirsi (§. 64).

Oltre la sella le correnti diminuiscono gradualmente di velocità; e maggiormente verso la costa africana che su quella araba. Indicando col numero uno la velocità massima nello stretto principale di Bab-el-Mandeb, il corrispondente valore nell'interno del mar Rosso può essere espresso dai numeri dati nel prospetto del §. 164, numeri che tendono a zero fra la zona degli stretti e quella dei grandi arcipelaghi.

Nello stretto piccolo si raggiungono velocità quasi duple e si ha un anticipo di oltre un'ora rispetto al sito della stazione quindicinale nello stretto grande.

§. 144 — La teoria della propagazione di marea in un canale, come può essere grossolanamente considerato il mar Rosso, date le sue dimensioni, prevede questi due fatti (XVI, pag. 216):

Se le onde di marea sono di tipo progressivo semplice, esiste concordanza od opposizione di fase fra maree e correnti;

se sono di tipo stazionario, l'altezza di marea e la corrente risultano spostate di un quarto di periodo l'una rispetto all'altra.

A Bab-el-Mandeb e nel mar Rosso meridionale siamo di fronte a questo secondo risultato, con molta approssimazione. La già affermata prevalenza delle onde stazionarie è dunque in pieno accordo colla teoria. Le onde progressive rappresentano azione secondaria.

Nello studio compiuto sulle correnti di Messina (XXIV) abbiamo invece verificato che i due sistemi di onde stazionarie e progressive sono coesistenti; il ritmo delle correnti assume perciò relazioni complesse rispetto a quello delle maree, e la propagazione avviene con ritardi graduali e assai forti da sito a sito.

§. 145 — La relazione precisata sul verso di scorrimento delle correnti di marea è in pieno accordo con quanto afferma il «Red sea Pilot». La irregolarità attribuita in questo portolano al ritmo delle correnti non è invece giustificata, poichè il fenomeno è governato da leggi affini a quelle delle maree locali. L'irregolarità riguarda solo le correnti di deriva, che si sommano, perturbandole, a quelle normali di marea.

LE CORRENTI DI DERIVA

§. 146 — Le correnti derivanti da azioni atmosferiche o da differenze termico-saline nell'interno delle masse acquee si presentano in forma di moti progressivi, con prevalente ritmo stagionale, alterato più o meno fortemente dalle mutazioni delle pressioni e dei venti. Questo ritmo contrasta con quello a brevi e regolari alternanze, proprio delle correnti di marea.

A Bab-el-Mandeb le correnti di deriva raggiungono velocità dell'ordine stesso di quelle di marea. Nell'interno del mar Rosso, ove le correnti di marea decrescono sino a scomparire, le correnti di deriva subiscono pure una notevole diminuzione iniziale, ma poi permangono quasi inalterate e talora anzi aumentate nella parte centrale del mar Rosso, sino a nord degli arcipelaghi Dahalak e Farisan. Le nostre esplorazioni non si sono spinte oltre per lo studio delle correnti; per la parte a nord del 17° parallelo non abbiamo notizie da aggiungere a quelle limitate, e in parte anche contradditorie, sull'argomento. Solo per il golfo di Suez abbiamo eseguito varie determinazioni, da cui risulta che ivi le correnti sono quasi puramente di marea.

A nord del 14° parallelo la corrente di deriva costituisce la parte prevalente della corrente marina; al 15° parallelo e a nord di esso si ha quasi esclusivamente corrente di deriva.

Lo studio del moti di deriva ha quindi nel mar Rosso importanza pari, e anche superiore, a quella dei moti di marea. Ma questa indagine non potrebbe riuscire adeguata se non in base a ricerche molto più estese di quelle eseguite durante la campagna della *Magnaghi*. Le ricerche dovrebbero essere estese anche all'epoca estiva, per la quale mancano del tutto esatte informazioni.

Le nostre informazioni riguardano l'epoca fra novembre e maggio e conducono ai risultati esposti nei capitoli precedenti. Riassumiamo le notizie di carattere generale.

§. 147 — *Corrente superficiale.* Le misure furono eseguite alla quota di m. 5, per evitare l'azione perturbante della carena della nave. Se si escludono i momenti in cui si hanno correnti debolissime e inversioni, in generale si è verificato che il regime di corrente alla quota 5 è sensibilmente identico a quello superficiale.

Nell'epoca da novembre a maggio, in tutto il mar Rosso meridionale il flusso di deriva è rivolto verso l'interno del mar Rosso, con direzione parallela a quella dell'asse marino, cioè in generale verso NW; in prossimità delle coste la direzione è modificata dalla morfologia locale del bacino.

Questo flusso muta velocità da sito a sito, e da epoca ad epoca. E' massimo nello stretto principale di Bab-el-Mandeb, ove raggiunge 80 cm:sec, da dicembre a marzo, e valori rapidamente decrescenti negli intervalli che precedono o seguono tale epoca.

E' minore nel canale piccolo, ove raggiunge il massimo di circa 35 cm:sec.

Nel canale principale la corrente si mantiene immutata sino verso la sella sottomarina 12 miglia a NW di Perim, in tutta la parte centrale e occidentale del canale. Verso la barriera sottomarina, che prolunga a NW l'ostruzione di Perim, e sui bassifondi costieri arabi la corrente diminuisce sino ad annullarsi lungo la linea neutra, oltre la quale si inverte (§. 64).

A nord della sella la corrente di deriva decresce rapidamente; al largo NE degli scogli Scilla si riduce a 26 cm:sec; presso la costa araba, a sud di Mokha, decresce maggiormente ancora, sino al valore di 6 cm:sec. Nei canali interni fra le isole la corrente presenta velocità più elevate (§. 75).

Il gruppo di isole a NE di Assab sembra deviare le correnti di deriva verso le coste continentali. Le misure fatte a Gebel Abayl dànno valori molto rilevanti: 50 cm:sec; furono misurati 35 cm:sec a Khor Ghuleifakeh, presso la costa araba.

Più a Nord, da Ras Shakhs al canale fra Zebayir e la costa araba, si trova ancora corrente ascendente; furono misurati valori compresi fra 30 cm:sec a ovest e 24 cm:sec a est.

All'altezza del parallelo 16° 50', nella zona fra le Dahalak e le Farisan, la corrente di deriva fu riscontrata avere ancora la stessa direzione, con velocità varianti da 35 cm:sec a 25 cm:sec; sempre con valori maggiori verso la parte africana, e minori verso l'Asia.

Lo stesso dominio di un flusso ascedente verso NW fu riscontrato prevalere nel canale sud di Massaua; ivi però la corrente è molto più debole che all'esterno dell'arcipelago Dahalak, e al massimo raggiunge 25 cm·sec (mezzo nodo), mantenendosi usualmente al di sotto di questo valore. Nei mesi invernali la corrente persiste anche se spirano venti contrari. Da febbraio a maggio l'azione dei venti opposti può rallentare e anche invertire il flusso.

Per l'epoca dei monsoni estivi non abbiamo che le notizie dei portolani e singole oservazioni fatte da navi in transito (Cap I). Secondo queste notizie il flusso di deriva è pressochè nullo nella fase di transizione fra le due epoche dei monsoni, cioè in maggio e in ottobre. Da giugno a settembre sarebbe invece rivolto verso SE, in direzione opposta a quella dell'epoca invernale. A Bab-el-Mandeb pare che questa corrente uscente dal mar Rosso raggiunga valori variabili da nodi 0,4 e 1,2 (§. 7), minori di quelli proprii dell'opposta corrente invernale.

§. 148 — *Correnti profonde*. Il flusso entrante nel mar Rosso investe non solo gli strati superficiali, ma interessa anche quelli inferiori. La velocità decresce normalmente colla profondità, sino ad annullarsi ad una certa quota, che a SW di Perim fu stimata di circa 140 m. dal Gedge; a NW dell'isola è minore circa 100 m.; e nei diversi settori marini subisce spostamenti locali. In ogni caso questa quota di velocità nulla per le correnti di deriva varia da epoca ad epoca stagionale, e può mutare anche lievemente di giorno in giorno, in una stessa stagione, al mutare delle velocità dei due opposti flussi superiore e inferiore.

Sotto lo strato di velocità nulla prende inizio una controcorrente, che cresce in velocità verso il fondo marino, raggiungendo valori superiori a quelli delle velocità superficiali.

L'esame delle acque dimostra che il flusso entrante nel mar Rosso è costituito da acque relativamente fredde e meno salate; quello uscente, di acque calde e salse. Discuteremo a suo tempo le azioni dinamiche derivanti da queste differenze di temperatura e salinità, e quindi di densità delle acque.

Nell'epoca estiva, in cui il flusso superficiale scorre dal mar Rosso verso il golfo di Aden, anche la corrente profonda deve necessariamente invertirsi e scorrere verso l'interno del mar Rosso. Basti pensare che senza questo apporto di acque il livello del mar Rosso subirebbe un abbassamento forte, provocato dall'evaporazione enorme delle acque (§§. 155-167) e dal flusso uscente attraverso Bab-el-Mandeb. Le acque atmosferiche o fluviali nel mar Rosso sono quantità quasi trascurabile; la compensazione delle acque perdute non può essere recata che da afflussi di acque profonde dal mare Arabico.

§. 149 — *Influenze atmosferiche*. Questo argomento dovrà fare oggetto di più completa trattazione, sulla scorta dei dati rilevati durante la campagna e delle distribuzioni isobariche durante l'epoca stessa. Ci limitiamo per ora a poche osservazioni.

Nello stretto di Messina avevamo potuto precisare, con misure eseguite in diverse epoche stagionali e in condizioni varie di tempo, che le influenze atmosferiche sul ritmo delle correnti erano quasi nulle. Sia operando con cielo sereno ed aria calma, sia in presenza di temporali e di bufere, il ritmo delle correnti risultava immutato; non si osservano mutazioni apprezzabili in diverse stagioni. Ciò proviene da questi fatti:

1) Le correnti di Messina sono essenzialmente fenomeni di marea;

2) il ciclo dei moti messinesi interessa gli strati profondi sui quali le mutevoli azioni atmosferiche esercitano debole influenza;

3) non esistono venti a regime stagionale, come sarebbero i monsoni dell'Indiano;

4) Tirreno e Jonio hanno analoga distribuzione termico-salina.

A Bab-el-Mandeb abbiamo condizioni molto diverse. La corrente di deriva è fattore di influenza pari a quello di marea, e nell'interno del mar Rosso, fuori delle linee nodali delle maree, è fattore assoluto prevalente.

La parte inferiore del mar Rosso subisce l'azione persistente, per intere stagioni, dei monsoni indiani e dei venti locali da quelli derivati.

Il mar Rosso e il mare Arabico hanno condizioni fisiche molto diverse per quanto riguarda le temperature, la salinità, l'evaporazione, ecc.

Riuniamo, nel seguente prospetto, i medi valori giornalieri delle velocità delle correnti osservate dal 19 marzo al 2 aprile, valutate con riferimento al giorno astronomico (dalle 12 ore civili di un giorno alle 12 del successivo).

Nell'ultima linea è dato il medio valore giornaliero del vento, in scala Beaufort. Queste medie diurne sono molto prossimamente eguali al medio valore della corrente di deriva.

Valori medi giornalieri della corrente di deriva (cm:sec):
Stazione 120, Bab-el-Mandeb.

Quota m.	Marzo 19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Aprile 1	2	Veloc. med.
5	+ 87	+ 76	+ 76	+ 73	+ 65	+ 71	+ 81	+ 74	+ 58	+ 65	+ 62	+ 65	+ 41	+ 48	+ 51	+ 66
20	+ 82	+ 77	+ 76	+ 60	+ 59	+ 65	+ 75	+ 71	+ 51	+ 54	+ 53	+ 55	+ 29	+ 34	+ 35	+ 59
50	+ 61	+ 59	+ 58	+ 50	+ 45	+ 44	+ 52	+ 52	+ 34	+ 35	+ 32	+ 27	+ 17	+ 16	+ 18	+ 40
100	— 2	+ 9	+ 4	— 7	— 4	+ 6	+ 3	— 9	— 7	+ 1	+ 14	0	+ 1	— 1	+ 3	+ 1
130	— 53	— 57	— 55	— 49	— 38	— 28	— 12	— 60	— 66	— 51	— 31	— 29	— 21	— 15	— 6	— 38
150	— 88	— 96	— 93	— 75	— 74	— 57	— 46	— 65	— 71	— 61	— 59	— 56	— 63	— 61	— 43	— 68
Intens. med. del vento	5	6	6.5	6	5.5	5.6	6.5	5.4	5	3	4	3	2	3	2.5	-

Le velocità iniziali risentono l'azione dei fortissimi venti verificatisi nei giorni precedenti.

Tanto le correnti superficiali, come quelle di fondo, diminuiscono in valore assoluto al diminuire del vento; aumentano al crescere del vento. L'azione eolica è però sentita con maggiore ritardo negli strati profondi.

I valori di questa tabella indicano come siano cospicue le variazioni che la corrente di deriva può subire di giorno in giorno, al mutare della velocità del vento.

I moti marini sono prevalentemente orizzontali; non esistono le emersioni in massa delle acque abissali, tipiche del mare di Messina.

Per queste ragioni le correnti marine di Bab-el-Mandeb risultano sensibilissime a tutte le variazioni che intervengono nei fattori atmosferici o nelle condizioni fisiche del mare.

Nella Fig. 7 sono indicati, ogni quattro ore, i valori misurati per la velocità del vento. I numeri si riferiscono alla scala Beaufort. Risulta evidente che ogni diminuzione del vento è seguita da abbassamento del livello medio delle curve degli strati superiori e da innalzamento dell'asse medio delle quote inferiori. Ogni aumento di vento è seguito da spostamento opposto. Negli ultimi giorni della stazione le variazioni del medio livello sono particolarmente forti; le curve superiori scendono allora in qualche punto sotto l'asse di velocità nulla; si presentano cioè inversioni, durante le quali tutta l'acqua del mar Rosso,

dalla superficie al fondo, scorre in uno stesso verso, dal mar Rosso all'Indiano; nei sollevamenti delle curve sopra l'asse zero, si hanno invece intervalli in cui tutta l'acqua scorre dall'Indiano verso il mar Rosso.

Accanto ai dati misurati abbiamo costantemente aggiunto quelli relativi alla direzione e alla velocità del vento. Per ogni stazione possiamo quindi verificare se si presenti una correlazione tra corrente di deriva e vento. Ma questo studio deve essere completato tenendo conto delle condizioni esistenti nelle zone circostanti. E ciò sarà fatto in un lavoro successivo.

L'azione del vento risulta ad ogni modo molto evidente e cospicua anche in un esame superficiale dei dati; sotto questo punto di vista vengono così confermate le notizie nautiche, nelle quali costantemente si parla di variazioni rilevanti che le correnti del mar Rosso subiscono in dipendenza di mutazioni atmosferiche.

§. 150 — *Zona neutra.* Riferendo i risultati ottenuti dal Gedge, nel 1898, alcune opere non precisano esattamente il significato dinamico che deve essere attribuito al fatto dell'esistenza di uno strato di separazione fra due opposti flussi di deriva. In tali opere si fa cioè completa astrazione delle correnti alterne di marea, come se queste fossero quantità trascurabile.

In realtà il moto delle acque risulta dalla sovrapposizione delle correnti di marea con quelle di deriva. Il risultato della sovrapposizione è bene evidente nei grafici riferiti (Fig. 7 e seg.), e si risolve in sostanza in uno spostamento del medio valore attorno al quale avvengono le fluttuazioni originate dalla marea. Le ampiezze di queste oscillazioni, specialmente negli strati profondi, raggiungono valori così elevati, che in pratica lo strato di separazione dei due opposti flussi subisce variazioni continue, spostandosi dalla superficie al fondo, e anche scomparendo del tutto, quando tutte le curve di corrente, in certe fasi, sono tutte sopra, o tutte sotto l'asse zero.

L'esistenza di uno strato neutro permanente di separazione si riferisce a uno dei termini costituenti il fenomeno globale; esso indica semplicemente che *vi è uno strato marino, animato da correnti di pura marea, separante masse d'acqua, le quali oltre ai moti di marea, hanno pure un moto di deriva.*

Questo è il significato che deve essere attribuito allo strato di separazione fra correnti e controcorrenti di deriva. Sarebbe un grossolano errore pensare che sopra e sotto tale strato esistessero permanentemente due fiumi scorrenti l'uno a nord e l'altro a sud. Ripetiamo che dalla sovrapposizione dei due ordini di correnti possono risultare tutti i casi possibili, dai flussi omogenei in tutta la massa d'acqua, alla presenza di correnti superiori e di controcorrenti di fondo, separate da uno strato neutro, variabile da momento a momento, senza nessun limite di posizione.

§. 151 — *Circolazione ciclonica.* Abbiamo avuto occasione di accennare varie volte alla circolazione ciclonica, colla quale il Luksch ha ritenuto di poter figurare il regime delle correnti di deriva del mar Rosso (§. 13), ed abbiamo messo in rilievo questi fatti:

1) La corrente di deriva si espande in tutto il bacino marino, risalendo negli strati superiori verso la parte interna del mar Rosso, durante il periodo fra ottobre e maggio. Questa corrente sembra appoggiarsi maggiormente

alla costa eritrea che a quella araba, risultando sempre maggiore nella parte occidentale che in quella orientale del mare. Solo verso la zona degli arcipelaghi Dahalak-Farisan la differenza tra le correnti dei due lati marini si attenua, pur prevalendo sempre quella adiacente all'Africa.

2) Le correnti profonde a Bab-el-Mandeb escono in massa verso l'Indiano. Non abbiamo potuto controllare se questo moto si estenda molto allo interno nel mar Rosso; ma abbiamo ovunque verificato che la corrente di deriva superficiale decresce a strati via via inferiori; è assai probabile che a profondità maggiori si trovi un flusso di discesa.

3) In conclusione, fatta astrazione dalle correnti di marea, i moti marini in tutta la zona esplorata (fra il 17° parallelo e Bab-el-Mandeb) sono rivolti parallelamente all'asse marino; investono la massa d'acqua in tutta l'estensione del mare, e più intensamente verso l'Africa che verso l'Arabia.

Le carte delle correnti del Luksch segnano invece una circolazione ascendente lungo il lato orientale, e discendente lungo quello occidentale.

Questa figurazione risulta doppiamente errata: 1) Non esiste circolazione ciclica. 2) Non solo non vi è corrente discendente lungo l'Africa, ma ivi il flusso montante è stato costantemente riscontrato, senza eccezioni, maggiore di quello che risale la parte orientale del mare.

§. 152 — Questo colpo grave che l'esperienza reca all'idealizzazione del Luksch, non può derivare da differenza nelle epoche di osservazione. I nostri dati, come quelli del Luksch, si riferiscono al periodo dei monsoni invernali. Il contrasto fra le nostre misure e la descrizione data dal Luksch costituisce qualcosa di più importante che un semplice colpo recato alla figurazione di un singolo mare; è assai probabile che molte delle notizie ammesse nei testi scientifici possano ricevere analoghe smentite il giorno in cui sarà possibile procedere a dirette e sistematiche misurazioni. L'ipotesi, tutt'ora in onore, che la conoscenza dei dati fisici dell'acqua sia sufficiente a precisare il ritmo delle correnti, nel mar Rosso è smentita nella forma più assoluta che si possa immaginare. E' legittimo quindi il sospetto che tale ipotesi corrisponda spesso a una semplice illusione.

LE CORRENTI TRASVERSALI

§. 153 — Uno degli argomenti di maggiore portata pratica, per evidenti ragioni nautiche, è la determinazione delle correnti trasversali solcanti il mar Rosso in diverse zone.

L'esistenza di queste correnti è affermata nei portolani; sui pericoli di esse le carte nautiche contengono espliciti ammonimenti.

Nelle citate carte del Luksch troviamo localizzati e tracciati i fasci di correnti trasversali, che avrebbero maggior rilievo. Ma questi fasci sono

esterni ai limiti delle zone da noi esplorate e nulla possiamo dire sull'attendibilità delle loro figurazioni. Avendo riscontrate completamente errate le distribuzioni di corrente assegnate al mar Rosso meridionale, abbiamo motivo di ritenere sospette di errore anche le figurazioni che riguardano la parte centrale e settentrionale del mar Rosso.

I risultati raggiunti nello studio delle maree consentono di trarre induzioni fondate sulla natura di queste correnti trasversali e sulla loro posizione. Queste induzioni sono appoggiate da dati sperimentali solo per il golfo di Suez e il bacino meridionale del mar Rosso. Ma sono di portata così generale da essere probabilmente valide anche per le altre zone marine.

Nel golfo di Suez le correnti misurate, specialmente nei punti lontani dalle coste, come nella stazione fatta tra i banchi di Tor, indicano che siamo di fronte a correnti di marea, analoghe a quelle tipiche dei mari aperti. Le velocità di corrente, misurate in ore successive, variano gradualmente in velocità e direzione; nelle figurazioni grafiche vengono prossimamente a coincidere con i successivi raggi di un'ellisse allungata, disposta coll'asse maggiore parallelamente all'asse del bacino marino, che nel caso nostro è anche parallelo allo andamento costiero.

I due cicli semidiurni non sono generalmente identici; le disuguaglianze diurne sono sensibili. Invece di un'ellisse, come ora fu detto, si ha in realtà una curva che non si chiude, ma si raccorda con quella del ciclo successivo. Per chiarezza di esposizione continueremo tuttavia a considerare tali curve come ellissi allungate.

Lo scorrimento della corrente risulta nettamente assiale solo quando la corrente raggiunge i massimi valori assoluti, ed è figurata quindi dai raggi maggiori dell'ellisse. Si scosta gradualmente e regolarmente da questa direzione e raggiunge posizione esattamente trasversale quando la velocità è minima e figurata dai raggi minori dell'ellisse.

Quando le correnti presentano questa girazione, e ciò avviene in generale tanto più sensibilmente quanto più si è lontani dalle coste, non si può parlare di direzione permanente di correnti di marea, precisamente come non si può parlare di direzione permanente per le lancette di un orologio. Il verso della girazione può essere quello dell'orologio, o quello opposto, secondo il sito.

Fuori dei canali ristretti le correnti di marea sono del tipo ora descritto. Nel golfo di Suez, per quanto limitato in larghezza, la girazione è molto netta (Fig. 21). E' naturale quindi che analoga girazione si presenti anche nella parte interna del mar Rosso.

§. 154 — In un mare, in cui le maree si presentino in forma prevalente di onde stazionarie, come nel mar Rosso, le correnti di marea si manifestano soltanto nelle zone nodali. Questo fatto fu controllato su due linee nodali, quelle di Tor e di Bab-el-Mandeb. Scostandosi da queste zone le correnti di marea decrescono rapidamente di intensità e si rendono evanescenti nelle regioni ventrali, come fu verificato nel bacino ventrale fra Kamaran, Massaua e il 17° parallelo.

Non abbiamo potuto eseguire misure attorno alla linea nodale di Port Sudan. E' questa l'unica zona del mar Rosso, altre le due esplorate, nella quale si possa presumere esistano forti correnti di marea. Nelle zone dei bassifondi,

specialmente fra gli estesi arcipelaghi costieri, possono incontrarsi correnti di marea derivate da ritardi di propagazione per influenze morfologiche locali. Qualche esempio fu messo in rilievo nel canale sud di Massaua. Ma si tratta di fenomeni locali, in generale molto complicati, e con velocità sempre deboli. Fuori di queste barriere costiere non è probabile esistano correnti di marea se non nella zona del nodo centrale fra le trasversali di Suakin e di Gidda.

Non abbiamo cifre che precisino i massimi valori ivi possibili. Dobbiamo provvisoriamente attenerci a quelle date nei testi nautici.

La natura giratoria di queste correnti dà origine a flussi che scorrono in ogni direzione, e quindi possono momentaneamente essere nettamente trasversali. Le massime velocità sono in ogni caso rivolte in direzione assiale; quelle trasversali sono corrispondenti ai valori minimi.

La zona al largo e al sud di Suakin è designata nel « Red sea pilot » come quella in cui i flussi trasversali sono più frequentemente avvertiti; la velocità è stimata a valori sempre inferiori a un nodo. Lo stesso testo avverte che la nave può incontrare correnti trasversali di opposte direzioni a non grande distanza lungo la rotta.

Queste asserzioni si accordano colle precedenti considerazioni. La zona di Suakin è prossima infatti a quella di Port Sudan, in cui abbiamo localizzato la linea nodale. A nord di Suakin, verso Port Sudan, le correnti trasversali di marea dovrebbero però essere più intense che verso sud.

Una nave in transito non può valutare esattamente l'azione di deboli correnti longitudinali. In presenza di correnti giratorie di marea, avverte semplicemente la deviazione laterale da esse provocata, deviazione che viene riferita a una corrente trasversale rivolta a est, nell'intervallo in cui la corrente giratoria ha una componente rivolta a est, e a una corrente diretta a ovest, nella fase in cui esiste una componente diretta a ovest. E siccome il passaggio da una componente est a una ovest avviene ad ogni mezzo ciclo semidiurno, resta spiegato perchè la nave possa ritenere di essere alternativamente in balia di correnti trasversali opposte a distanze di poche decine di miglia (§. 4).

In conclusione il semplice fatto della probabile esistenza di correnti di marea, nelle adiacenze della linea nodale centrale, spiega le notizie date dalle navi in transito circa l'esistenza di misteriose correnti trasversali, senza che occorra cercare spiegazione in moti trasversali di deriva originati da influenze marine o atmosferiche di carattere locale.

Le opposte azioni di deriva esercitate dalle correnti di marea finiscono col determinare scostamenti dalla rotta in gran parte mutuamente compensati, così da non riuscire avvertiti se non con frequenti ed esatte determinazioni del punto. Ciò spiega come la percentuale delle navi che hanno segnalato deviazioni originate da flussi trasversali sia soltanto del 60 per cento (§. 4).

Queste considerazioni non escludono la possibilità che anche le correnti di deriva, specialmente nelle adiacenze costiere, possano avere azioni sensibili nei fenomeni che esaminiamo. Ma tendono a dimostrare, che mentre sinora si cercava la spiegazione esclusivamente nell'azione di simili moti di deriva, in futuro si constaterà probabilmente che la soluzione del problema dovrà essere cercata prevalentemente nella natura giratoria delle correnti di marea.

BILANCIO DELLO SCAMBIO DI ACQUA FRA MAR ROSSO E OCEANO INDIANO

§. 155 — Un tentativo di bilancio fra le acque entranti e quelle uscenti nel mar Rosso, attraverso la via di Bab-el-Mandeb, fu compiuto dal Krümmel (XIV, pag. 685-8) su queste basi, che in parte sono derivate dai risultati del Gedge (§. 8), del Luksch (§. 13), e in parte sono ipotetiche:

1) La corrente di marea ha ritmo diurno, scorrendo per dodici ore in un verso e per altrettanto tempo in verso opposto, con velocità massima variabile da nodi 0,7 a 1,8;

2) La corrente superficiale di deriva ha velocità di 87 cm:sec (nodi 1,7);

3) Questa corrente di deriva aumenta probabilmente di velocità nella stagione estiva, per diminuita salsedine del golfo di Aden;

4) la corrente progressiva entrante in mar Rosso si estende sino a profondità fra 130 e 140 m.; la velocità è compresa fra nodi 2 e 2,5;

5) a quote inferiori esiste controcorrente uscente dal mar Rosso, con velocità fra nodi 1 e 3;

6) il rapporto fra la salinità dell'acqua del mar Rosso meridionale e quella del contiguo golfo di Aden è circa 10:9 (39,7 : 36,7);

7) esiste compensazione fra la quantità di sale portata dalla corrente entrante e quella riesportata dalla corrente uscente; per conseguenza la prima, essendo meno salata, deve avere un maggiore volume; la compensazione si ottiene se i due volumi sono nel rapporto inverso delle rispettive salinità: acqua uscita : acqua entrata = 9 : 10;

8) L'eccesso di acqua entrata compensa la perdita continua che avviene per evaporazione, quasi trascurabile essendo l'afflusso delle acque fluviali e delle precipitazioni meteoriche;

9) la valutazione di questo eccesso esprime la quantità di acqua svaporata dal mar Rosso.

La conclusione a cui arriva il Krümmel è questa: l'acqua evaporata annualmente dal mar Rosso è inferiore a mm. 2500; valore che contrasterebbe con quello stimato dal Reclus (7 m.) e con quello valutato dal Carpenter (4 m.). Così nel trattato citato, pag. 688.

§. 156 — Il calcolo del Krümmel presta il fianco a molte e gravi contestazioni.

Errate sono le premesse indicate coi N. 1 e 3, come si è visto nei capitoli precedenti. Nei N. 1, 4 e 5 è fatta confusione tra velocità effettive e velocità di sola deriva. Se i valori ivi dati si riferiscono alle correnti effettive (somma delle correnti di marea e di deriva), non ha significato parlare di strato fisso separante due opposti flussi. Questo strato è oscillante e può anche scomparire, scorrendo allora le acque ovunque nello stesso verso (§. 150).

Il valore di 87 cm., attribuito alla corrente superficiale di deriva, può effettivamente essere raggiunto, ma deve essere considerato come un limite massimo. Prevale il valore di 80 cm:sec, in epoca invernale; verso marzo comincia

un rallentamento, che si accentua poi in aprile; in maggio dovrebbero prevalere correnti di deriva quasi nulle e poi si avrebbero inversioni da giugno a settembre, e non correnti ancora entranti, più rapide anzi di quelle invernali, come ritiene il Krümmel.

L'ipotetica compensazione, indicata al punto 7, è discutibile Nessuno può garantire che tale compensazione esista. Si può anzi indagare se invece non sia meglio fondata l'ipotesi opposta, che cioè la compensazione non avvenga, e che il mar Rosso aumenti costantemente in salinità. Questa opinione spiegherebbe l'eccesso di salinità che ha il mar Rosso a confronto dell'Indiano e dello stesso Mediterraneo.

Infine non è lecito, in calcoli del genere, fare astrazione dalle correnti di marea, come preciseremo. Le valutazioni del Krümmel non sembrano quindi avere alcun valore definito.

Ma se anche dovessero avere un significato, si dovrebbe concludere che si tratta di una stima eccessivamente bassa dell'evaporazione del mar Rosso, mentre più approssimata pare quella fatta dal Carpenter.

§. 157 — Abbiamo ora dati ben più estesi di quelli di cui disponeva il Krümmel per valutare l'evaporazione. Nel volume « Climatological Normals », pubblicato dal Physical Department del Ministero egiziano dei lavori pubblici (XXXIII), troviamo numerosi dati sull'evaporazione constatata in Egitto, nel Sudan, ecc.

Per il delta egiziano risultano confermati i bassi valori dell'evaporazione, già constatati da J. Hann e ricordati dal Krümmel.

Così vediamo che Port Said ha un'evaporazione annua inferiore a un metro. Cairo però raggiunge m. 1,7; Heluan, prossima al Cairo, ha m. 2,4, ed Heliopolis tocca i 3 metri. A latitudini più basse queste cifre crescono rapidamente, raggiungendo valori estremi nel Sudan, con oltre 6 metri di evaporazione annua a Khartum e Atbara. Sulle sponde del mar Rosso, l'evaporazione è attenuata; a Tor, in pieno golfo di Suez, è già di 3 metri, e a Port Sudan di m. 3,5.

Queste cifre si riferiscono ad evaporazione di acqua dolce, in vaschette evaporimetriche degli osservatori. L'acqua marina svapora in minor copia; bacini estesi hanno pure evaporazione minore di vaschette limitate. Ma, tutto pesato, risultano sempre valori superiori a quelli del Krümmel.

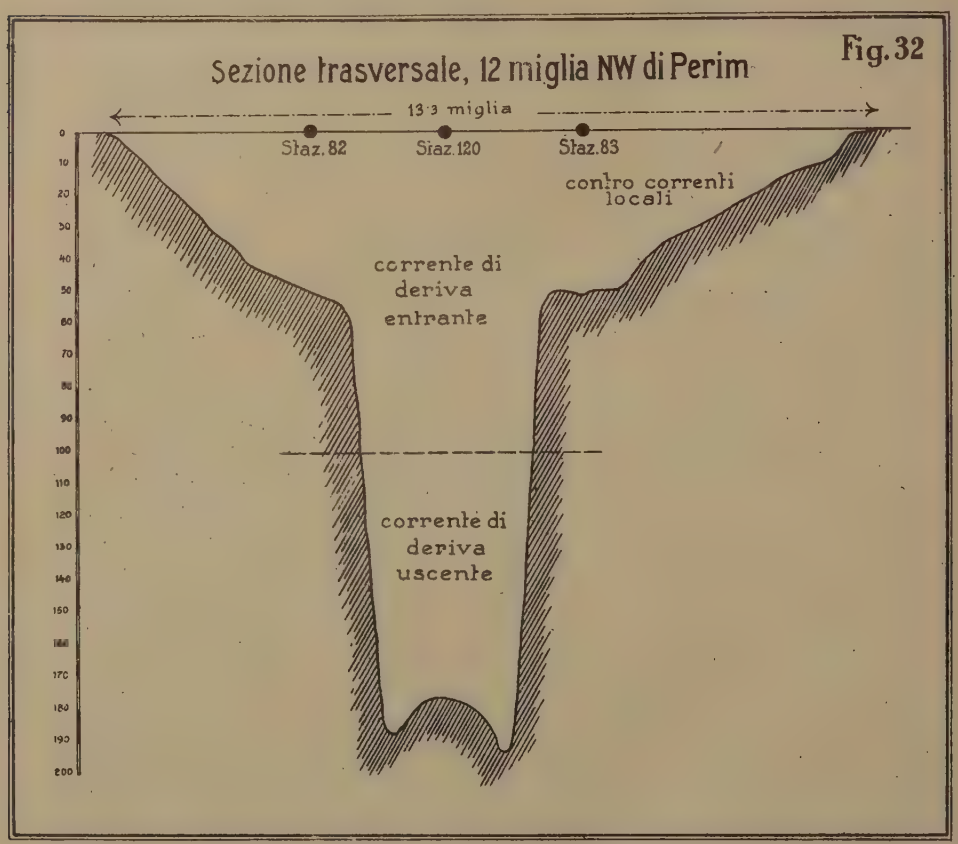
§. 158 — Durante la campagna della *Magnaghi* abbiamo eseguito giornalmente determinazioni della quantità d'acqua comune evaporata. Non possiamo dare peso uniforme ai singoli dati, poichè determinati in condizioni diversissime, ora con nave alla fonda presso coste o al largo, ed ora invece in navigazione; talvolta colla gabbia meteorica esposta al sole, ed altre volte invece all'ombra, ecc. Ci riserviamo di riferire e discutere tali dati assieme a quelli di indole meteorologica, raccolti nella crociera. Ma possiamo rilevare sin d'ora, che pure avendo forti variazioni giornaliere nell'evaporazione, comprese fra un minimo di circa 3 mm. e massimi di 30 mm., tuttavia si ha un valore medio superiore a 12 mm. giornalieri.

I nostri valori si riferiscono all'epoca invernale. Nei mesi estivi nelle stazioni continentali si hanno persino valori decupli di quelli invernali; nelle adiacenze costiere, come a Tor e a Port Sudan, si hanno valori doppi. I 12 mm.,

che da una media grossolana rileviamo dai nostri dati, nella stagione estiva salirebbero quindi notevolmente. Operando tutte le deduzioni derivanti dalla minore evaporazione che si ha nell'acqua marina e in pieno mare, risulta pur sempre che l'evaporazione globale nel mar Rosso è almeno eguale a quella di Port Sudan (m. 3,5).

§. 159 — Avendo dati ben precisati per il ritmo delle correnti invernali di deriva, le sole prese in considerazione dal Krümmel nel calcolo degli afflussi ed efflussi, valutiamo la quantità di acqua che entra nel mar Rosso attraverso Bab-el-Mandeb e quella che ne esce giornalmente in epoca invernale.

Possiamo riferirci a una qualsiasi sezione. Prendiamo in considerazione la trasversale per la sella di minima profondità, 12 miglia a NW di Perim, per la quale abbiamo i dati delle stazioni 82 e 83, eseguite ai due lati della profonda incassatura della valle, e quelli della staz. 120, che trovasi alquanto più a sud, in corrispondenza della parte centrale.



Il profilo di questa sezione (Fig. 32), indica che la valle centrale è profondamente incassata tra pareti verticali; tale valle, e forse anche il declivio occidentale, sembrano in fase di erosione; la sponda orientale pare invece in fase di sedimentazione.

Questa valle, sino presso la quota 100, è percorsa, nell'epoca invernale, da correnti di deriva entranti nel mar Rosso; bisogna escludere la parte orientale, ove già a partire dal punto della stazione 83 si manifestano controcorrenti o flussi locali, che non contribuiscono sensibilmente allo scambio di acqua tra i due mari. L'area della sezione, al disopra della quota 50, esclusa la parte orientale, è di circa 1 km²; quella della depressione centrale, fra le quote 50 e 100, è circa 0,50 km².

Eseguiamo una stima dei flussi entranti e uscenti in un giorno, prendendo per base i valori medi dell'epoca di marzo (staz. 120, §. 32), e tenendo conto della diminuzione di velocità delle correnti entranti sul lato orientale della valle e sulle depressioni costiere. Adottiamo cifre arrotondate, perchè non avrebbe significato pretendere soverchia esattezza in simili valutazioni.

Zona A, fra la sup. e 50 m.: Vel. media=40 km. al giorno (stimata in difetto); Area 1 km²; flusso entrante in un giorno=40 km³.

Zona B, fra 50 e 100 m.: Vel. media=20 km. al giorno (stimata in difetto); Area=0,50 km²; flusso entrante=10 km³.

Zona C, sotto i 100 m.: Vel. media=60 km al giorno (stimata in eccesso); Area=0,70 km²; flusso entrante=42 km³.

Il bilancio tra flusso uscente ed entrante, stimando questo in difetto, e quello in eccesso, porta un'eccedenza di 8 km³ al giorno di acqua entrata rispetto a quella uscita.

L'area del mar Rosso è valutata a 458 480 km². Un'evaporazione raggiungente 3,5 metri annui, come inducono a ritenere le determinazioni da noi eseguite (§. 158), toglierebbe al mar Rosso circa 1600 km³ di acqua in un anno. Per compensare questa evaporazione basterebbe un afflusso medio fra 4 e 5 km³ al giorno.

Constatiamo che in inverno l'afflusso è molto più elevato di questo valore. Non essendovi compenso completo nell'evaporazione, il livello marino deve crescere in tutto il mar Rosso. Questo aumento corrisponde difatti a un fenomeno normale di tale stagione. Molte scogliere sono allora sommerse.

In primavera e in autunno la corrente di deriva decresce a tutte le quote; pare che in superficie giunga ad annullarsi, per invertirsi poi nel periodo giugno-settembre; nulla sappiamo dei moti che assumono allora le acque profonde; perciò lo scambio di acqua fra i due mari subisce alterazioni che ci sono ignote. Siccome in estate si verifica un generale abbassamento del livello marino, si può ammettere che ciò derivi in parte da maggiore evaporazione, ma parte anche da un maggiore efflusso rispetto all'afflusso, così che rimanga scaricato l'eccesso di acqua entrata in inverno.

§. 160 — In questo bilancio degli scambi di masse d'acqua fra i due mari non si prende in considerazione il ritmico flusso e riflusso di marea; la somma dei due opposti flussi è nulla, trattandosi di moti armonici.

Ma se in luogo delle masse d'acqua si considerano le quantità di sale da esse trasportate, bisogna tenere conto dei moti di marea, e delle variazioni di salinità.

E' evidente che se sono eguali le masse d'acqua fluite nel mar Rosso e rifluite nell'Indiano, non possono essere eguali le quantità di sale da esse portate, poichè l'acqua che entra è meno salata di quella che esce. Questo fatto non fu tenuto in conto dal Krümmel. Valutiamone la portata.

La media velocità delle correnti di sola marea può essere stimata di circa 30 km. al giorno negli strati superiori, e di almeno 50 km. al giorno in quelli inferiori. L'incremento dal primo al secondo valore avviene negli strati prossimi a 100 m. e si accentua gradualmente verso il fondo, ove le fluttuazioni sono molto forti e caratterizzate da grandi disuguaglianze (Fig. 7). Attraverso alla sezione considerata nel §. 159 passano le seguenti quantità di acqua in un ciclo di 12 ore:

Zone A e B: Area 1,50 km²; Velocità media 15 km. per dodici ore; flusso in 12 ore 22,5 km³.

Zona C: Area 0,70 km²; Velocità media 25 km. per dodici ore; flusso in 12 ore 17,5 km³.

Flusso totale: 40 km³ in dodici ore.

La quantità di sale che viene giornalmente tolta al mar Rosso è uguale alla differenza fra il sale dell'acqua entrata e quello dell'acqua uscita in un giorno. Indicando con S e S_0 le quantità di sale contenute in un km³ di acqua rispettivamente del Mar Rosso e dell'Oceano Indiano, il sale perduto nei flussi di marea è in media

$$40\ (S - S_0) = 40\ (10/9\ S_0 - S_0) = 4{,}4\ S_0.$$

Le analisi delle acque prelevate durante la stazione quindicinale di Bab-el-Mandeb, come sarà esposto nella relazione del chimico della crociera Prof. M. Picotti, dimostrano che effettivamente la salinità varia col verso entrante o uscente delle acque. Il rapporto del Krümmel $S : S_0 = 10/9$, corrisponde però solo a casi estremi; generalmente le acque che fluiscono e rifluiscono sono fortemente rimescolate e quindi la differenza tra le rispettive salinità si mantiene molto sotto il limite massimo ora calcolato, e lo sbilancio fra sale entrato e uscito risulta attenuato.

§. 161 — Le considerazioni relative ai moti di marea valgono per ogni stagione. Non così quelle riguardanti i moti di deriva, poichè subiscono fluttuazioni notevoli anche a distanze brevi. Abbiamo visto che in inverno vi è forte eccesso di acqua importata rispetto al complesso di quella uscita e svaporata. L'eccesso di acqua viene corretto nella stagione estiva; in questo caso l'acqua effluente, essendo più salata di quella entrata in inverno, esporta una parte di quel sale che resterebbe in mar Rosso in seguito alla forte evaporazione.

Questa evaporazione, in base ai nuovi dati (§. 158), risulta superiore a quella ammessa dal Krümmel; raggiunge almeno m. 3,5. Secondo lo stesso autore il sale depositato nell'evaporazione di uno strato spesso m. 2,5 è completamente esportato dai flussi di deriva uscenti dal mar Rosso. Rimane il sale corrispondente a uno strato spesso un metro, cioè circa 500 km³, corrispondenti a un afflusso giornaliero di oltre 1 km³ di acqua dall'Indiano.

Questo sale rappresenta l'entrata effettiva nel bilancio della salinità. La uscita è figurata dall'esportazione provocata dalle correnti di marea e dallo efflusso estivo compensante l'eccesso di afflusso invernale. Non avendo valutato questi due termini di uscita, e avendo ammesso come postulato la conservazione della salinità attuale, il Krümmel concluse col ritenere nulla l'entrata effettiva, e quindi riducendo l'evaporazione a soli m. 2,5.

§. 162 — La presenza dei termini che provocano diminuzione di salinità dimostra che il bilancio può chiudersi in pareggio, e quindi nel senso di una stazionarietà salina, solo ammettendo un'evaporazione molto più alta di quella accettata dal Krümmel. La conclusione si risolve quindi in senso completamente opposto alla tesi di una evaporazione limitata sostenuta dal Krümmel.

Ma anche il postulato della stazionarietà dell'attuale salinità risulta scosso. Le variazioni stagionali che avvengono nei termini dell'entrata e dell'uscita possono provocare sia pareggio, sia aumento, sia diminuzione L'attuale eccesso salino deriva probabilmente da un aumento graduale avvenuto in passato; non sappiamo se questo incremento sia ancora in atto, o se abbia raggiunto un equilibrio più o meno stabile. Constatiamo che la salinità cresce nel mar Rosso da sud a nord quanto più cioè il sale deposto nell'evaporazione marina risulta meno attenuato da efflussi verso l'Indiano e da rimescolamenti colle acque penetrate attraverso Bab-el-Mandeb. Ciò può significare che il graduale incremento salino sia ancora in atto, sia pure lentamente, in piena opposizione col postulato del Krümmel.

In definitiva possiamo dire che non risultano basati nè i dati posti a base del calcolo del Krümmel, nè le conseguenze. Sono provati, o almeno probabili invece, due fatti contrari a quelli sinora accettati: cioè un'evaporazione simile a quella già ammessa dal Carpenter, non minore di m. 3,5; e mutazioni lente nella salinità nel senso di un graduale incremento.

L'azione che può esercitare il canale di Suez pare del tutto secondaria (§. 6).

CENNI RIASSUNTIVI SULLA DISTRIBUZIONE DELLE CORRENTI

§. 163 — Riuniamo, in un brevissimo riassunto finale, i dati che servono a caratterizzare i lineamenti essenziali del regime delle correnti nelle zone esplorate durante la crociera della *Magnaghi*, e presentiamo alcune figurazioni grafiche delle distibuzioni delle correnti.

I moti marini risultano dalla somma di due flussi, di marea e di deriva, designando con questa denominazione il complesso dei moti risultanti dalle azioni esterne e interne, esclusa la sola marea, considerata a parte.

Nello stretto di Bab-el-Mandeb il regime delle correnti di marea, a sei diverse quote fra superficie e fondo, venne precisato, nel modo più completo che si possa raggiungere in questo ordine di ricerche, mediante determinazioni delle costanti armoniche principali. Il grado di approssimazione di queste costanti venne precisato mediante raffronti fra sintesi delle componenti e osservazioni; fu trovato largamente sufficiente.

Il possesso delle costanti armoniche consente la determinazione del regime di corrente di marea per ogni epoca futura.

Fu trovato conveniente, per scopi nautici, la formulazione di tabelle di uso generale per ogni epoca. Si è verificato che i dati delle tavole riproducono quelli dell'osservazione con approssimazione quasi eguale a quella consentita dalle sintesi complete degli armonici. Le tabelle delle correnti, costruite per la zona centrale dello stretto grande di Bab-el-Mandeb, dànno la velocità e il segno della corrente, per ogni momento di qualsiasi epoca. Nelle tabelle si considerano solo i moti superficiali, i soli che abbiano interesse nella navigazione. Il problema della determinazione e della previsione delle correnti di marea nello stretto di Bab-el-Mandeb è quindi risolto sia sotto aspetto teorico, come nei riguardi delle applicazioni nautiche.

Nelle tavole delle correnti è anche identificato, mese per mese, il medio valore osservato, o stimato, della corrente superficiale di deriva. Aggiungendo questa costante ai valori ritmici della corrente di marea, si ottengono in velocità e segno le correnti effettive (entranti nel mar Rosso se positive, uscenti se negative).

§. 164 — Nel seguente prospetto riassumiamo le relazioni fra i valori locali delle velocità delle correnti e quelli simultanei nello stretto principale di Bab-el-Mandeb. I rapporti che riguardano le correnti di marea sono da ritenersi corretti. Quelli relativi alle correnti di deriva, sono provvisori; occorrerebbe moltiplicare, più di quanto sia stato fatto, il numero delle osservazioni, per avere valori definitivi. Si deve tenere conto ad ogni modo, che la corrente di deriva è sempre un fattore molto sensibile all'azione del vento (§. 149).

Relazioni fra i simultanei valori delle correnti superficiali e quelli dati nelle Tavole delle correnti (Cap. IV).

ZONE	Rapporti fra le velocità (I) Moto di marea	Rapporti fra le velocità (II) Moto di deriva	Relaz. tra le fasi (III) (+ anticipo, — ritardo).
BASE DEI RIFERIMENTI			Ore minuti
Settore NW di Perim	1	1	0
BAB-EL-MANDEB			
Settore SW di Perim	1	1	Anticipo ?
» 12 miglia N di Perim (sella sottomarina)	1	1	— 1. 15
» dei bassifondi N di Perim	< 1	Decresce dal centro verso E, ove la corrente scorre a S;	0
Stretto piccolo	> 1. 5	0. 7	+ 1. 30
MAR ROSSO MERIDIONALE			
Scogli N di Scilla	1	0. 3	— 1. 30
Settore S di Mokha	0. 9	0. 1	— 1. 30
» E di Gebel Abayil	0. 2	0. 6	— 1. 45
» W di Khor Ghuleifakeh	0. 5	0. 4	— 1. 45
» E di Ras Shakhs	0	0. 4	
» E di Zebayir	0	0. 3	
Canale sud di Massaua	(deb. flussi locali)	< 0. 3	
Zona del 17° parallelo:			
Lato W (fuori delle Dahalak)	0	0. 4	
» E (» » Farisan)	0	0. 3	

§. 165 — Le correnti di deriva hanno generalmente direzione longitudinale (parallela all'orientamento delle coste e dell'asse marino). Il verso è ascendente verso l'interno del mar Rosso (esclusa la zona dei bassifondi a N di Perim) nel periodo invernale, al quale si riferiscono i rapporti indicati per le correnti di deriva. Non conosciamo il regime estivo di tali moti.

Anche le correnti di marea hanno prevalentemente direzione longitudinale a Bab-el-Mandeb. Al largo dalle coste è sensibile la girazione, specialmente, nelle fasi di inversione delle correnti.

Per le correnti degli strati inferiori valgono ancora, sebbene con minore approssimazione, queste relazioni, sino oltre la quota di 50 m. Non abbiamo dati sufficienti per verificare quali rapporti esistano fra le correnti profonde nelle varie zone marine e quelle di Bab-el-Mandeb, delle quali soltanto conosciamo tanto le componenti armoniche, quanto i moti di deriva.

§. 166 — Nel golfo di Suez abbiamo semplicemente constatato che esistono correnti giratorie di marea bene definite, ma non abbiamo serie abbastanza estese per valutarne le componenti armoniche e stabilire previsioni. Le correnti compiono la girazione nel verso ciclonico sulla costa orientale, anticiclonico sulla costa occidentale e nella zona dei banchi di Tor. L'asse delle velocità

massime è parallelo alla costa; quello delle minime normale ad essa. Le massime velocità si hanno nell'epoca delle massime maree, e cioè nelle sizigie perigee, e raggiungono nodi 1,5 a Tor, 1 a Ras Mallap e valori minori quanto più ci si allontana verso nord dalla linea nodale di Tor. Correnti di deriva non sono particolarmente sensibili nel golfo di Suez, ecluso il settore di Zafarana, ove pare esista una debole corrente rivolta a sud.

Lo scambio di acque, e le influenze mutue fra Mediterraneo e stretto di Suez, sono quantità quasi trascurabili, come risulta dalle notizie che si hanno sulla natura dei flussi marini attraverso il canale (§. 6).

§. 167 — Sulla base delle relazioni riassunte nel precedente prospetto, e sulla scorta delle tavole generali del Cap. IV, siamo ora in grado di costruire figurazioni sinottiche delle correnti. Fissata l'epoca e le ore per le quali si desiderano i valori delle correnti, basta *leggere l'età lunare della data nella Tav. I., scegliere la tavola di corrente che corrisponde al mese, e in essa leggere le velocità in corrispondenza della linea dell'età lunare e delle colonne delle ore* . Ogni tabella indica il valore stagionale della correnti di deriva. La somma delle due correnti dà la velocità delle correnti a Bab-el-Mandeb. Per passare da questi valori a quelli di altre stazioni, bisogna anzitutto tenere conto degli anticipi e dei ritardi (colonna III).

Se vi è concordanza di fase tra il punto che si considera e il punto di riferimento, basta ridurre i due valori letti nelle tavole per la corrente di marea e per quella di deriva, secondo i rapporti indicati nelle colonne I e II, e sommare i due numeri ottenuti. Se vi è ritardo o anticipo di fase, si fa ancora lo stesso calcolo, ma con l'avvertenza di prendere per base i valori delle tavole che corrispondono ad istanti *anticipati* di una quantità pari al *ritardo locale*, o *posticipati* di un intervallo pari all'*anticipo locale*.

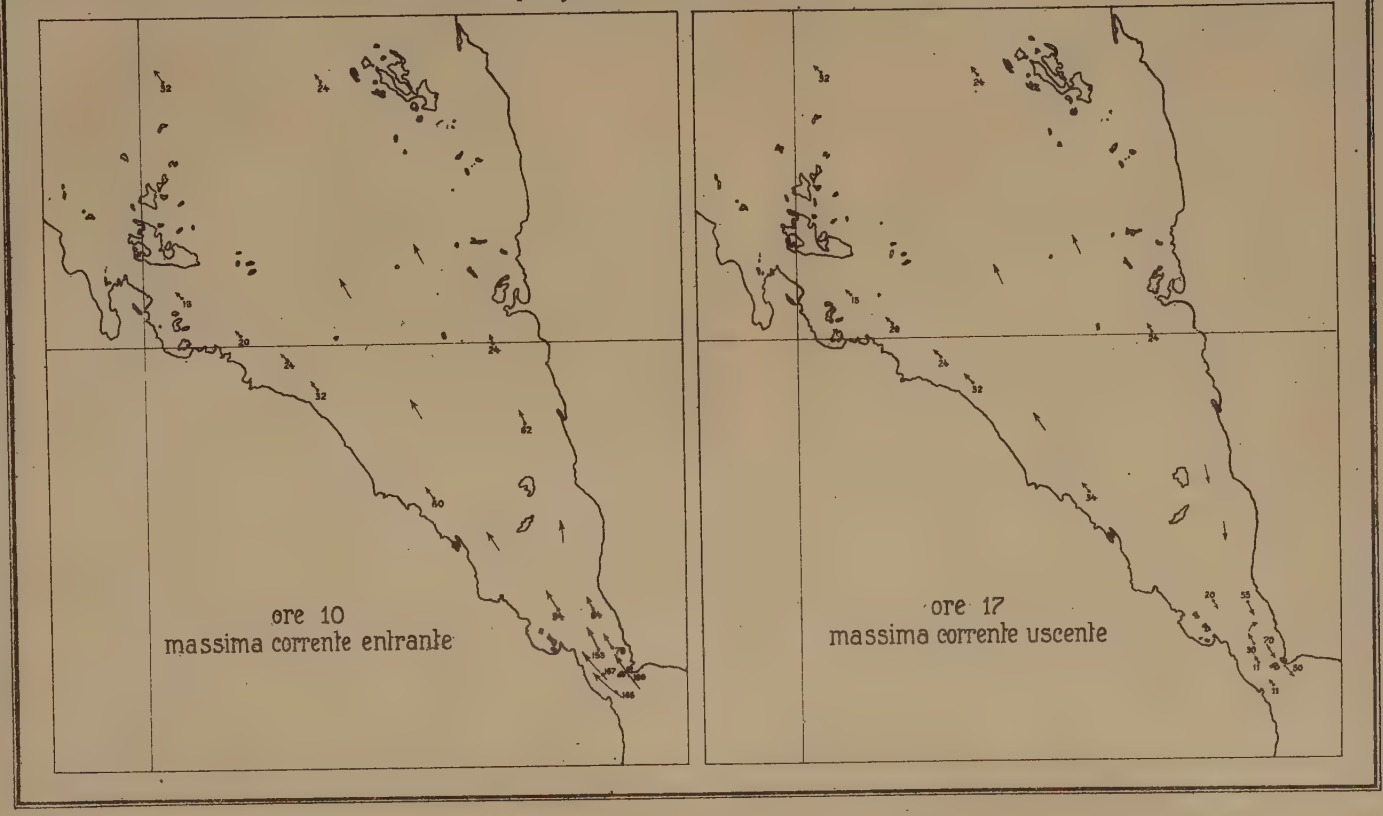
Come abbiamo osservato la forma delle curve di corrente si mantiene, senza gravi alterazioni, da Bab-el-Mandeb sino alla zona interna del mar Rosso, ove le correnti di marea diventano evanescenti. I precedenti rapporti hanno significato solo in quanto esiste questa favorevole condizione, la quale non si verifica tuttavia nello stretto piccolo. Deducendo, anche per questo, i valori delle correnti sulla base dei rapporti indicati, si ottengono cifre che possono presentare sensibili discordanze coi valori effettivi.

§. 168 — *Esempio: Distribuzione delle correnti superficiali alle ore 10 e alle ore 17 del giorno 0 della luna, mese di gennaio.*

Dalla Tav. II, abbiamo immediatamente per il punto di riferimento:

	Ore 8	9	10	11	12	
Corrente di deriva	+ 80	+ 80	+ 80	+ 80	+ 80	cm/sec
» » marea	+ 58	+ 78	+ 87	+ 83	+ 64	»
Corrente complessiva	+ 138	+ 158	+ 167	+ 163	+ 144	»

Correnti superficiali - mese di gennaio, età della luna 0 **Fig. 33**



Abbiamo quindi, alle ore 10, le seguenti velocità nei diversi settori:

Bab-el-Mandeb, NW di Perim	+ 167	cm/sec
» SW »	+ 165	»
» bassifondi N di Perim	< + 70	»
» stretto piccolo	+ 180	»
» sella 12 miglia NW di Perim	+ 153	»
N scogli Scilla	+ 94	»
S di Mokha	+ 64	»
E di Gebel Abayil	+ 60	»
W di Khor Ghuleifakeh	+ 62	»
E di Ras Shakhs	+ 32	»
E di Zebayir	+ 24	»
17° parallelo lato W	+ 32	»
» » E	+ 24	»
Canale Sud di Massaua	< + 24	»

Nella stessa tavola si leggono questi valori:

	Ore 15	16	17	18
Corrente di deriva	+ 80	+ 80	+ 80	+ 80
» marea	— 32	— 56	— 69	— 68
Corrente complessiva	+ 48	+ 24	+ 11	+ 12

Bab-el-Mandeb NW di Perim	+ 11	cm/sec
» SW »	+ 11	»
» bassifondi N di Perim	< — 70	»
» stretto piccolo	— 50	»
» sella 12 miglia N di Perim	+ 30	»
Scogli Scilla	— 20	»
Settore S di Mokha	— 55	»
» E di Gebel Abayil	+ 34	»
» W di Khor Ghuleifakeh	— 3	»

Per i rimanenti settori, ove la corrente di marea non è più sentita, valgono gli stessi dati calcolati per le ore 10.

Nella Fig. 33 sono figurate le distribuzioni di velocità indicate in questi prospetti; da esse si ha la chiara idea delle correnti che caratterizzano le opposte fasi di massime correnti di marea, rivolte a nord o a sud, nell'epoca in cui è massima la corrente di deriva entrante nel mar Rosso.

§. 169 — Come si vede la determinazione delle velocità, in una data ora, o in una successione di ore, risulta molto spedita, e può essere consigliata a una nave in transito. Le cartine delle velocità dànno la esatta conoscenza delle correnti che si incontrano, di ora in ora, lungo la rotta.

Avremo occasione di valerci di queste figurazioni nelle discussioni e nei raffronti dei dati termici, chimici e biologici, che saranno presentati in successive relazioni.

RICERCHE DI OCEANOGRAFIA FISICA

PARTE II - RICERCHE DI OTTICA MARINA

PARTE III - CONDIZIONI METEOROLOGICHE DURANTE LA CROCIERA

PROF. FRANCESCO VERCELLI

INDICE

PARTE II. - RICERCHE DI OTTICA MARINA

Prefazione.
Cap. I. - Teoria della propagazione dell'energia raggiante nell'acqua (§. 1-10).
» II. - Interpretazione delle osservazioni - Costanti ottiche (§. 11-15).
» III. - Determinazioni eseguite nel mar Rosso (§. 16-23).
» IV. - Energia solare assorbita negli strati interni di una massa d'acqua (§. 24-30).
» V. - Trasparenza dell'acqua (§. 31-34).
» VI. - Il colore del mare (§. 35-37).

Figure:

Fig. 1 - Curve di estinzione delle radiazioni nelle acque di Capri, secondo K. Grein (§. 14).
» 2 - Curve di estinzione delle radiazioni nel mar Rosso (§. 21).

PARTE III. - CONDIZIONI METEOROLOGICHE DURANTE LA CROCIERA

Introduzione (§. 1-2).
Pressione (§. 3-4).
Temperature (§. 5-6).
Umidità dell'aria (§. 7-8).
Osservazioni attinometriche (§. 9).
Vento (§. 10-11).
Evaporazione (§. 13-21).

Figure:

Fig. 1 - Oscillazione barometrica annua *a*) Suez; *b*) Tor; *c*) Port Sudan, *d*) Mar Rosso Meridionale (§. 3).
» 2 - Diagrammi barometrici *a*) Canale S di Massaua; *b*) Massaua; *c*) Bab el-Mandeb; *d*) Fra Aden e Kamaran; *e*) Golfo di Suez (§. 4).
» 3 - Alcuni diagrammi termometrici (§. 5).
» 4 - Limiti delle variazioni delle temperature in mare fra il parallelo 16° (Massaua) e Perim (§. 5).

PARTE SECONDA

TEORIA DELLA PROPAGAZIONE DELL'ENERGIA RAGGIANTE NELL'ACQUA

PROF. FRANCESCO VERCELLI

PREFAZIONE

Le ricerche di ottica marina ebbero uno sviluppo estremamente limitato nella campagna della Magnaghi. *I compiti generali assegnati alla crociera e l'estensione prevalente che si voleva dare alle indagini dinamiche non avrebbero consentito l'esecuzione di un vasto programma di osservazioni ottiche. Le accurate misure fatte dal Luksch, colla nave* Pola, *sul colore e sulla trasparenza delle acque, avevano già fornito del resto dati estesi per tutto il mar Rosso, ai quali poco avremmo potuto aggiungere nella nostra campagna, che doveva essere condotta sopratutto in forma di stazioni ancorate, e perciò limitate nel numero e concentrate nelle zone ove maggiormente sono sentite le correnti marine. Il mar Rosso offre tuttavia condizioni eccezionalmente favorevoli per le indagini dell'ottica marina, data la possibilità di operare col sole allo zenit. Non si è voluto perciò rinunciare del tutto all'esecuzione di qualche osservazione sul colore, sulla trasparenza e sulla penetrazione delle radiazioni monocromatiche a varie profondità. Queste ultime determinazioni vennero compiute con mezzi improvvisati, ormai sorpassati dagli apparecchi introdotti nella moderna oceanografia. Si ebbero tuttavia risultati di qualche interesse, che presentano ottimo accordo colle più accreditate serie di misure compiute negli ultimi anni. Traendo occasione dal fatto che le determinazioni ottiche compiute in mare non si accordano colle teorie sinora ammesse, abbiamo ritenuto utile sviluppare una teoria più completa sulla penetrazione delle radiazioni, tenendo conto distinto della diffusione interna e dell'assorbimento termico. La teoria venne applicata all'interpretazione dei dati di osservazione e alle discussioni sul significato dei numeri ottenuti coll'impiego del disco Secchi e sul colore dell'acqua. Il lavoro che presentiamo viene quindi ad assumere proporzioni più vaste di quanto occorrerebbe per dare relazione delle limitate osservazioni compiute in mar Rosso; ma potrà forse recare qualche contributo per un maggiore affinamento nelle teorie dell'ottica marina.*

CAPITOLO I

Teoria della propagazione dell' energia raggiante nell' acqua

§ 1 — **Assorbimento delle radiazioni** — La trasmissione della luce attraverso ad un mezzo materiale è sempre accompagnata da un certo assorbimento, qualunque sia la lunghezza d'onda delle radiazioni considerate. Anche i corpi chiamati *trasparenti* assorbono in generale fortemente i raggi infrarossi e ultravioletti, e se lo spessore è notevole assorbono pure una certa parte dei raggi visibili.

L'estinzione che le radiazioni subiscono per assorbimento segue la nota legge del Lambert: *Strati di egual spessore assorbono eguali frazioni dell'energia raggiante che ad essi perviene.* Analiticamente questa legge dà origine alla relazione differenziale

$$dI = -\alpha I\, dz \tag{1}$$

ove I indica l'intensità del flusso di radiazioni omogenee penetranti alla quota z e α è funzione della lunghezza d'onda λ e delle proprietà ottiche del mezzo ma indipendente dalla quota z. Indicando con I_0 il valore limite di I per $z = 0$, e con q una quantità definita dalla relazione $q = e^{-\alpha}$, la (1) conduce alle formule seguenti.

$$I = I_0\, q^z \quad \text{(formola del Bouguer)} \tag{2}$$

$$I = I_0\, e^{-\alpha z} \quad \text{(formola del Lambert)} \tag{3}$$

La q è detta *coefficiente di trasmissione;* la α *coefficiente di assorbimento o di estinzione.*

La legge di Lambert, nei limiti delle esperienze, non è stata finora trovata in difetto; tutte le apparenti eccezioni risultarono spiegate da errori strumentali [1].

---

[1] R. W. Wood, *Optique Physique.* Tome II, pag. 115, 1914, Paris.

Nella teoria elettromagnetica della luce la legge di Lambert viene ad essere una conseguenza delle equazioni di Maxwell estese ad un mezzo imperfettamente isolante (1).

Il meccanismo intimo dell'assorbimento, in quanto si risolva in un accrescimento della media velocità di agitazione molecolare e quindi di energia termica del mezzo, è stato esaminato in relazione alle varie teorie della luce; ma l'esperienza non consente, allo stato attuale, di poter fare una scelta in favore dell'una o dell'altra teoria.

§ 2 — **Diffusione interna** — Quando il mezzo trasparente attraversato dalla luce contenga in sospensione particelle aventi indice di rifrazione diverso da quello del mezzo, queste particelle diffondono radiazioni in tutte le direzioni; se le medesime particelle sono sufficientemente piccole, la luce diffusa è azzurra e più o meno completamente polarizzata rettilineamente, la direzione di vibrazione essendo normale alla direzione del fascio incidente *(effetto Tyndall)*.

Lord Rayleigh, diede la teoria del fenomeno e una formola da cui risulta che *l'intensità J della luce diffusa secondo una direzione qualsiasi è inversamente proporzionale alla quarta potenza della lunghezza d'onda* (Wood, loc. cit., pag. 375).

La formola stessa dice che la diffusione nella direzione del raggio incidente è doppia di quella in direzione perpendicolare.

In successivi lavori Lord Rayleigh dimostrò che la diffusione può essere derivata da semplice azione molecolare e spiegò il colore azzurro del cielo come dovuto a diffusione molecolare, senza bisogno di fare intervenire le particelle sospese nell'atmosfera.

Il fenomeno della diffusione assunse speciale importanza negli sviluppi delle teorie elettromagnetiche della luce. In particolare l'effetto Tyndall fu oggetto di trattazioni da parte di H. A. Lorentz (2) e A. Einstein (3). Questi diede una formola che consente di valutare il coefficiente di estinzione per effetto di semplice dispersione interna; ricorderemo i valori seguenti calcolati dal Gans (4), perchè di essi avremo occasione di valerci nel seguito:

COEFFICIENTI DI DIFFUSIONE INTERNA SECONDO LA TEORIA DI EINSTEIN, NELL'ACQUA PURA

λ (in $\mu\mu$)	658	612	578	546	436	430	415
$\beta \times 10^5$ (in 1/cm)	0.783	1.054	1.337	1.693	4.391	4.658	5.466

(1) H. Poincaré, *Electricité et Optique*, pag. 179-80. 1901, Paris.
(2) H. A. Lorentz, *Ann. d. Phys. 33*, 1910, pag. 43 e 84.
(3) A. Einstein. *Ann. d. Phys. 33*, 1910, pag. 1286.
(4) R. Gans, *Ann. d. Phys. 75*, 1924, pag. 1.

Il problema della diffusione, come è evidente, è strettamente collegato a quello del colore dell'acqua, e fu spesso considerato appunto in vista di trovare un'esauriente spiegazione del colore azzurro delle grandi masse acquee della natura, e in particolare dei mari. Il lavoro del Gans, ora citato, è uno dei più completi su tale argomento. In esso sono ricordati gli studi recentissimi del fisico indiano C. V. Raman e della sua scuola di Calcutta, intesi a dare larghe basi teoriche e sperimentali in questo campo di indagini. Il Gans si propone di giungere a sviluppi più esaurienti della teoria; studiato l'effetto Tyndall nel caso generale di radiazioni oblique, sulla scorta delle formole del Lorentz, dimostra non essere sufficiente tenere conto della dispersione di primo ordine, rappresentata da tale effetto, ma essere necessario valutare anche le diffrazioni che i raggi diffusi subiscono nell'interno dell'acqua. Sviluppa questa trattazione completa del problema nel caso dell'incidenza normale, e valuta le quantità di radiazioni che sono diffuse all'esterno in conseguenza di tutte le azioni dispersive.

Per il caso limite in cui il liquido non eserciti assorbimento, ma solo dispersione, la teoria del Gans porta a concludere che tutte le radiazioni sono diffuse all'esterno in quantità assoluta massima pari a 3/8 della radiazione incidente; i valori relativi delle intensità delle diverse radiazioni non sarebbero allora modificati rispetto a quelli della luce bianca incidente, e il mare apparirebbe di colore bianco.

Effettivamente si ha invece un assorbimento crescente dalle radiazioni violette verso quelle rosse; la radiazione diffusa risulta costituita in prevalenza di radiazioni più rifrangenti e la luce globale diffusa in superficie assume colore spostato verso il verde e l'azzurro.

Nelle teorie del Lorentz, le formole esprimenti l'intensità delle radiazioni rifratte, propagantisi nell'acqua, contengono il fattore esponenziale che corrisponde alla legge di Lambert e rappresenta l'estinzione. Nell'acqua però l'estinzione deriva sia dall'azione dell'assorbimento propriamente detto, (trasformazione in energia termica), come da diffusione; quest'ultima azione determina flussi di radiazioni, che tornano all'atmosfera in forma di luce diffusa, o si propagano verso il basso unitamente alle radiazioni dirette.

§ 3 — **Estinzione per simultanea azione dell'assorbimento e della diffusione** — Il Gans, ammette, nel lavoro citato, che l'estinzione delle radiazioni, per azione globale dell'assorbimento e della diffusione interna, sia ancora rappresentata correttamente da semplice formola esponenziale, come la (3), nella quale però al coefficiente α di assorbimento, sia sostituita la somma dei due coefficienti di assorbimento α e di diffusione β. Ammette inoltre che i coefficienti determinati sperimentalmente, in base alla formola di Lambert, e che ricorderemo nel § 11, siano coincidenti coi valori di tali somme.

Ma questa ammissione, se può corrispondere a una prima approssimazione, non pare ammissibile in generale. Nel caso in cui l'estinzione sia dovuta a distinte cause, come nei fluidi, sembra necessario tenere conto separato di esse nello sviluppo della teoria.

Una trattazione analitica del problema, fatta con tale indirizzo, è stata recentemente iniziata dal Mecke (1) e completata dal Dietzius (2) con riguardo all'estizione esercitata dalla nebbia e dalle nubi. I concetti stessi seguiti da questi autori sembrano estensibili al caso della propagazione delle radiazioni nei liquidi. Le equazioni differenziali, a cui si perviene nella impostazione del problema, sono formalmente identiche a quelle usate dagli autori citati; i successivi sviluppi possono però venire convenientemente condotti in forma diversa; si perviene così a soluzioni molto semplici e adatte alla trattazione dei vari argomenti che interessano le ricerche ottiche e termiche marine.

Ci riferiamo sempre al caso di radiazioni omogenee di data lunghezza d'onda; e indichiamo con: I_0 l'intensità delle radiazioni penetranti verticalmente in superficie; I l'intensità di esse dopo aver attraversato uno strato di spessore z, contato verticalmente verso il basso; J l'intensità del flusso diffuso verso l'alto alla quota z; α e β i coefficienti di assorbimento e di diffusione corrispondenti all'azione globale esercitata da uno strato unitario dell'acqua limpida o torbida, che si considera e che si suppone otticamente omogenea; h la profondità del piano che delimita inferiormente lo strato considerato e che può corrispondere (ma non necessariamente) al fondo del bacino acqueo.

Tutte le quantità ora indicate sono positive; inoltre $\alpha < 1; \beta < 1$, $\alpha + \beta < 1$.

Il flusso I nell'attraversare uno strato successivo dz subisce questi incrementi:

$-\alpha I\,dz$, per assorbimento molecolare (trasformazione in energia termica);

$-\beta I\,dz$, per riflessione diffusa in alto;

$+\beta I\,dz$, per diffusione in basso del flusso J.

Analoghi incrementi si possono valutare per il flusso J e si ha in definitiva il sistema di equazioni differenziali:

$$(4) \qquad \begin{cases} dI/dz = -\alpha I - \beta (I - J) \\ dJ/dz = \alpha J - \beta (I - J). \end{cases}$$

Se fosse $\beta = 0$, se cioè non vi fosse riflessione ma solo assorbimento, la prima di queste equazioni coinciderebbe colla (1).

Poniamo:

$$(5) \qquad \gamma^2 = \alpha (\alpha + 2\beta)$$

$$(6) \qquad \delta^2 = \alpha/(\alpha + 2\beta) = 1/(1 + 2\beta/\alpha).$$

La soluzione del sistema (4) assume la forma:

$$(7) \qquad \begin{cases} I = P e^{\gamma z} (1 - \delta) + Q e^{-\gamma z} (1 + \delta) \\ J = P e^{\gamma z} (1 + \delta) + Q e^{-\gamma z} (1 - \delta). \end{cases}$$

---

(1) *Ueber Zerstreung und Beugung des Lichtes durch Nebel und Wolken.* « Ann. der Physik », 1921.

(2) *Die absorption des Lichtes in trüben Medien, insbesondere Nebel und Wolken.* « Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre ». Bd XI, Heft 2, 1923.

Poniamo queste condizioni ai limiti;

$$\text{per } z = 0 \text{ , } I = I_0 \quad ; \quad \text{per } z = h \text{ , } J = \mu I$$

ove μ indica la frazione di flusso I diffusa in alto dalle acque o dal fondo sottostante allo strato di spessore h, indica cioè l'*albedo* di tali acque o di tale fondo ed è $0 \leq \mu < 1$. Con queste condizioni P e Q risultano determinate.

Poniamo inoltre:

$$\varepsilon = (1 + \delta)/(1 - \delta) \tag{8}$$

$$\theta = (\varepsilon^{-1} - \mu)/(\varepsilon - \mu). \tag{9}$$

Le quantità così introdotte ε e θ sono funzioni di δ, e quindi dei coefficienti ottici del mezzo α e β, e dell'abedo μ; e soddisfano alle relazioni:

$$0 \leq \gamma \leq 1 \quad ; \quad 0 \leq \delta \leq 1 \quad ; \quad \varepsilon \geq 1$$

Per i valori di μ che si hanno in natura (si veda la formola (19) seguente) cioè per $\varepsilon^{-1} \geq \mu \geq 0$, si ha pure:

$$0 \leq \theta \leq \varepsilon^{-2}. \tag{10}$$

Con le sostituzioni indicate, le soluzioni (7) assumono la forma:

$$I/I_0 = e^{-\gamma z}\,(1 - \theta e^{-2\gamma(h-z)})/(1 - \theta e^{-2\gamma h}) \tag{11}$$

$$J/I_0 = e^{-\gamma z}\,(\varepsilon^{-1} - \varepsilon\theta e^{-2\gamma(h-z)})/(1 - \theta e^{-2\gamma h}). \tag{12}$$

Pe le applicazioni alle acque profonde è opportuno modificare queste relazioni. Ponendo $z = h$ la (11) diventa:

$$I/I_0 = (1 - \theta)\, e^{-\gamma h}/(1 - \theta e^{-2\gamma h}). \tag{13}$$

Quando si possa ritenere μ costante e quindi anche θ costante (e ciò è generalmente lecito a quote profonde o per limitate variazioni di h), dalla (13), considerando la I funzione del solo parametro h, si deduce:

$$dI = -\gamma I \varphi(h)\, dh \tag{14}$$

ove si è posto:

$$\varphi(h) = (1 + \theta e^{-2\gamma h})/(1 - \theta e^{-2\gamma h}). \tag{15}$$

Se fosse $\beta = 0$ (assorbimento senza riflessione) sarebbe $\gamma = \alpha$, $\delta = 1$, $\theta = 0$, $\varphi = 1$; e la (14) si ridurrebbe alla relazione (1); si ricadrebbe quindi nelle formole Bouguer-Lambert.

Se $\beta \neq 0$ la (14) differisce dalla (1) per la sostituzione di $\gamma\,\varphi\,(h)$ alla costante α. La $\varphi\,(h)$ è funzione decrescente di h e ha per limite inferiore 1 quando h cresce indefinitamente. Perciò è pure $\gamma\,\varphi\,(h)$ funzione decrescente di h. Ciò significa che volendo adottare semplici formole esponenziali tipo Bouguer-Lambert si dovrebbero sostituire, ai coefficienti costanti, quantità variabili colla quota h. E precisamente il coefficiente di assorbimento α dovrebbe diminuire e il coefficiente di trasmissione q dovrebbe crescere al crescere di h, in esatto accordo coi risultati delle esperienze.

Indichiamo con I_1, I_2; θ_1, θ_2 i valori di I e di θ corrispondenti a distinte quote h_1 e h_2 e riteniamo $h_2 > h_1$. Dalla (13) si deduce:

$$\gamma' - \gamma = \log_e [(1 - \theta_1)(1 - \theta_2)^{-1}(1 - \theta_2 e^{-2\gamma h_2})(1 - \theta_1 e^{-2\gamma h_1})^{-1}]/(h_2 - h_1) \tag{16}$$

ove si è posto:

$$(17) \qquad \gamma' = (\log_e I_1/I_2)/(h_2 - h_1)$$

Sia per valori sufficientemente grandi, come per valori assai piccoli, di h si ha prossimamente $\gamma' = \gamma$; la costante ausiliaria γ può allora essere calcolata colla (17) noto il rapporto I_1/I_2.

La differenza $\gamma' - \gamma$ non ha segno definito; per gli usuali valori che si hanno in natura (limitate variazioni di μ al variare di h) risulta normalmente $\gamma' > \gamma$.

Nota la costante γ, la (16) può servire per il calcolo di θ e quindi di δ e infine dei coefficienti α e β. Difficilmente però i dati sperimentali hanno l'esattezza richiesta per l'applicazione della (16); il valore che si può attribuire a μ è alquanto incerto. Si dovrà usualmente limitare il calcolo alla sola γ, deducendo le altre costanti dalle relazioni seguenti.

§ 4 — **Albedo** — Ponendo $z = 0$ nella (12) si ha il rapporto fra radiazione diffusa e incidente in superficie, cioè l'*albedo superficiale* $a = J/I_0$; ed è:

$$(18) \qquad a = (\varepsilon^{-1} - \varepsilon\theta e^{-2\gamma h})/(1 - \theta e^{-2\gamma h}).$$

L'albedo a è dunque funzione crescente di h; per $h = 0$, si ha $a = \mu$ cioè per acque di lieve spessore il potere diffusivo in superficie tende a identificarsi con quello del fondo; per h indefinitamente crescente, a tende a un limite superiore, che indicheremo A, ed è:

$$(19) \qquad A = \varepsilon^{-1} = (1 - \delta)/(1 + \delta).$$

L'albedo superficiale A in acque profonde risulta indipendente dall'albedo μ del fondo; la radiazione riflessa dal fondo, per h sempre crescenti, finisce infatti per essere senza influenza su l'albedo superficiale. Dalla (19) si deduce, tenedo presente la (6):

$$(20) \qquad \delta = (1 - A)/(1 + A)$$

$$(21) \qquad \beta/\alpha = 2A/(1 - A)^2.$$

Per valori crescenti di β/α, A tende ad 1; per valori decrescenti a zero si può porre:

$$A = \beta/2\alpha \qquad ; \qquad \beta/\alpha = 2A.$$

Nota sperimentalmente A resta dunque determinato il rapporto β/α; quest'ultimo valore, unitamente a quello di γ dà i valori dei coefficienti ottici α e β.

Per le (18), (19) e (13) la differenza:

$$(22) \quad A - a = \theta e^{-2\gamma h}(\varepsilon - \varepsilon^{-1})/(1 - \theta e^{-2\gamma h}) = (\varepsilon^{-1} - \mu)\, e^{-\gamma h} I/I_0$$

pei valori ordinari di μ ($\mu < A$) è sempre positiva, cresce al diminuire di h, e ha per limite superiore $\varepsilon^{-1} - \mu$, se h tende a zero. Queste osservazioni possono essere estese anche alle riflessioni esercitate dagli strati interni alla massa liquida; tali riflessioni hanno valori che si approssimano all'albedo μ

del fondo, se si tratta di strati prossimi al fondo; e crescono fino a raggiungere il valore $A = \varepsilon^{-1}$ presso la superficie esterna, se si tratta di acque profonde, e sino al valore a se lo spessore è limitato.

§ 5 — **Riscaldamento interno** — L'energia termica derivante da irraggiamento diretto si può valutare noti gli equivalenti termici dei singoli gruppi di radiazioni incidenti I_0, osservando che uno strato liquido di spessore h assorbe la quantità di T di radiazioni data dalla relazione

$$T = I_0(1 - a) - I\,(I - \mu).$$

Per le (13 e (18) si ha:

$$(23)\quad T/I_0 = [(1 - \varepsilon^{-1})(1 + \varepsilon\theta e^{-2\gamma h}) - (1 - \theta)(1 - \mu)e^{-\gamma h}]/(1 - \theta\, e^{-2\gamma h}).$$

Il secondo membro della (23) è funzione crescente di h; ed ha per limite superiore, quando h sia abbastanza grande,

$$(24)\qquad \max\ T / I_0 = 1 - \varepsilon^{-1} = 1 - A = 2\,\delta/(1 - \delta)$$

formole di facile valutazione. La differenza tra questo valore massimo di T e la radiazione incidente I_0 corrisponde alla radiazione diffusa verso l'esterno

§ 6 — **Radiazione totale** — Le formole finora sviluppate si riferiscono a radiazioni di data lunghezza d'onda; ove si consideri la totale radiazione solare le quantità che figurano nelle formole stesse devono essere considerate come funzioni delle corrispondenti lunghezze d'onda λ; con semplice integrazione estesa al campo di variazioni di λ si ottengono i valori globali della radiazione penetrante, o diffusa, o assorbita.

La teoria ora svolta, mentre sembra essere adeguata alla natura del fenomeno in modo ben più completo che non le semplici formole esponenziali sinora usate, traccia anche l'indirizzo che si deve seguire nelle ricerche sperimentali, in quanto precisa quali siano le quantità che interessa determinare coll'osservazione, per poter procedere alla valutazione delle costanti ottiche che caratterizzano le acque del bacino considerato.

§ 7 — **Riflessione superficiale** — Nella trattazione sinora svolta non è tenuto conto del fenomeno della riflessione speculare esercitata dalla superficie dell'acqua. La radiazione penetrante, indicata con I_0, non si identifica colla radiazione incidente I_i; fra le due quantità passa la relazione $I_i = I_0 + R$, ove R indica l'energia riflessa della superficie.

Indicando con i ed r gli angoli di incidenza e di rifrazione, e con $n = \sin i/\sin r$ l'indice di rifrazione dell'acqua per la radiazione che si considera, si ha la seguente relazione (formola di Fresnel):

$$(25)\qquad R/I_i = \sin^2(i - r)/[2\sin^2(i + r)] + \operatorname{tg}^2(i - r)/[2\operatorname{tg}^2(i + r)]$$

Questa formola è applicabile alle riflessioni esercitate dalla superficie di masse acquee, come risulta da numerose prove sperimentali (1).

Per le radiazioni visibili, assumendo come valore medio dell'indice di rifrazione dell'acqua rispetto all'aria il valore usuale n = 4/3, dalla formola del Fresnel si deducono i seguenti valori medi dei rapporti fra energia riflessa e incidente:

i	r	R / I
0	0°	0.0204
20	14 52′	.0206
40	28 50	.0245
50	35 05	.0336
60	40 31	.0597
70	44 49	.1335
80	47 38	.3479
90	48 35	1.0

Da questa tabella risulta che sino ad angoli di 40° l'energia riflessa all'esterno è appena 2/100 di quella incidente; solo per angoli molto elevati si raggiungono valori notevolmente grandi; al limite, per i crescente verso 90°, i raggi incidenti tendono a diventare paralleli alla superficie e la riflessione tende al limite della riflessione totale.

Quando i raggi incidono alla superficie con angolo i, la quantità di energia I_i ricevuta dall'unità di superficie è legata alla quantità analoga I_n corrispondente a una superficie normale ai raggi, dalla nota *legge del coseno*

$$I_i = I_n \cos i$$

La quantità di radiazione che effettivamente penetra nell'acqua, per ogni unità di superficie, viene quindi fortemente diminuita al crescere dell'angolo i, sia per diminuzione dell'energa incidente, come per aumento della percentuale di energia riflessa.

Quando i raggi tendono a divenire paralleli alla superficie, la quantità di radiazione ricevuta su l'unità di superficie tende al limite zero; la riflessione totale, che la formola (25) porta ad assegnare all'angolo di 90°, viene perciò a coincidere con un flusso nullo di energia incidente.

§ 8 — **Riflessione totale** — Non sarà inutile osservare che questo caso limite di riflessione totale non ha nulla di comune colla presunta riflessione totale, che si trova erroneamente affermata nei comuni testi di oceanografia,

(1) W. Schmidt, *Ueber die Reflektion der Sonnenstrahlung an Wasserflächen.* Sitzungsber. Ak. Wien, CXVII B., II Ab., pag. 75, 1908.

quali quelli del Krümmel (1), del Richard (2) e del Thoulet (3). Riportiamo le parole stesse usate da quest'ultimo autore: « en conséquence de la réfraction lorsque le soleil atteint au-dessus de l'horizon une hauteur correspondant à ce qu'on nomme l'angle limite, les rayons envoyés par lui sont entièrement réfléchis par la surface de l'eau sans pénétrer dans le liquide ».

La grossolanità di questa affermazione è evidente; il fenomeno si verifica infatti nel passaggio dei raggi da un mezzo più rifrangente ad uno meno rifrangente, non nel caso opposto, come sarebbe quello dei raggi solari che dall'aria penetrino nell'acqua. Già nel 1913 il Schöbel aveva rettificato tale errore; ma esso è tuttora ripetuto anche nei testi recenti.

Come inesistente è questo fenomeno di riflessione totale, così prive di valore sono le interpretazioni che i testi citati deducono per chiarire le note osservazioni eseguite da H. Fol mediante immersione in scafandro, e le esperienze di Regnard su la durata di quello che fu chiamato « giorno subacqueo » E' curioso che per spiegare le osservazioni del Fol siasi ricorso a un fenomeno inesistente, mentre la dizione testuale usata dal Fol è correttissima; egli dice infatti (4) che la luce si estingue bruscamente « au moment où le soleil descend vers l'horizon », cioè quando la radiazione penetrante si riduce a zero per azione combinata della diminuita radiazione incidente e per aumento di quella riflessa. I testi citati pretendono invece che tale estinzione prenda inizio quando l'angolo zenitale sia maggiore dell'angolo limite, cioè di circa 48° 35'.

Quanto è detto per i raggi diretti solari può essere esteso alle radiazioni diffuse, che dall'atmosfera penetrano nell'acqua sotto tutti i possibili angoli di incidenza, e si rifrangono nell'interno, in guisa da riuscire racchiuse entro un cono avente apertura di circa 97°.

I raggi che dall'acqua vengono diffusi verso l'aria seguono le leggi della riflessione espresse dalla (25); vale ancora la tabella precedente purchè r figuri gli angoli di incidenza, i quelli di rifrazione. Quando l'angolo incidente r superi 48° 35' si ha riflessione totale nell'interno dell'acqua.

§ 9 — **Assorbimento atmosferico** — Quando le radiazioni che si considerano siano quelle solari, ed è questo il caso che interessa maggiormente le applicazioni, l'intensità delle radiazioni penetranti nell'acqua dipende, in modo essenziale, dall'estinzione che l'energia solare subisce nell'atmosfera. Nelle applicazioni che faremo si farà uso di alcuni dati sperimentali che qui vengono brevemente accennati.

La massa d'aria attraversata dai raggi, quando il sole è allo zenit, fra l'esterno dell'atmosfera e un livello a cui corrisponda la pressione di 760 mm., sia assunta come valore unitario. La massa m attraversata con altezze solari decrescenti, espressa con tale unità, è data dalle cifre del seguente prospetto:

---

(1) O. Krümmel, *Handbuch der Ozeanographie*, pag. 262, Vol. I, Stuttgart, 1907.
(2) J. Richard, *L'Océanographie*, pag. 125-128, Paris, 1907.
(3) J. Thoulet, *L'Océanographie*, pag. 152, Paris, 1922.
(4) H. Fol e P. Sarasin, *C. R. Acad. Paris, T. 110*, 1890, pag. 1079.

in corrispondenza di esse sono indicati i valori che secondo il Linke (1) si devono attribuire all'intensità di radiazione I (m), quando l'aria sia supposta secca e limpida e la costante solare sia assunta eguale a 1.932 calorie/cm.^{2} min.

INTENSITA' DELLA RADIAZIONE SOLARE AL VARIARE DELL'ALTEZZA DEL SOLE

Altezze solari	—	90°	29°.9	19°.3	14°.3	9°.3	6°.8	5°.23
m	0	1	2	3	4	6	8	10
I (m)	1.932	1.707	1.548	1.428	1.328	1.168	1.046	0.947

In natura l'aria è sempre umida e torbida; l'estinzione risulta molto accresciuta; i valori effettivi di I(m) sono minori di quelli ora indicati; e ciò tanto più quanto maggiori sono le quantità di vapore e di pulviscolo presenti nell'aria.

Se in luogo dei valori globali di I(m) si considerano le intensità delle singole radiazioni, si trova che al crescere di m l'estinzione segue leggi diverse per le varie radiazioni dello spettro; l'atmosfera esercita cioè un potere selettivo nell'estinzione dell'energia raggiante. Posta eguale ad 1 l'intensità delle singole radiazoni all'esterno dell'atmosfera, i valori che esse hanno dopo attraversata questa sono date, secondo i dati di Abney e i calcoli del Dorno (2), dalla seguente tabella.

INTENSITÀ DI ALCUNE RADIAZIONI PER VARIE ALTEZZE SOLARI

Altezza solare	90°	30°	19°.3	14°.3	11°.3	9°.3	8°.3	7°.3	presso l'orizz.
Massa d'aria attraversata	1	2	3	4	5	6	7	8	32
Rosso $\lambda = 760\ \mu\mu$	.95	.91	.86	.81	.77	.74	.71	.66	.107
Aranciato $\lambda = 590$ » »	.87	.75	.65	.57	.49	.43	.37	.32	.001
Azzurro $\lambda = 490$ » »	.74	.54	.40	.30	.22	.16	.12	.09	.000
Violetto $\lambda = 400$ » »	.51	.25	.13	.07	.03	.02	.01	.00	.000
LUMINOSITÀ DEL SOLE									
Sole	.84	.70	.59	.50	.42	.30	.26	.21	.002

(1) F. Linke, *Trasmissions - Koeffizient und Trübungsfaktor,* Beiträge z. Phys., der fr. Atm., X, pag. 91, 1922.

(2) Dietrich und Kaminer, *Handbuch der Balneologie, Abschnitt D (Die Physik der Sonnenstrahlung),* pag. 524, Leipzig, 1916.

Per altezze solari prossime a zero le radiazioni azzurre e violette sono totalmente assorbite; il sole appare perciò colorato in giallo-rosso e la sua luminosità è ridotta a 1/420 di quella che si ha col sole allo zenit. Il primo numero dell'ultima linea, 0,84, rappresenta il coefficiente di trasmissione della luce totale dello spettro, con sole allo zenit ed aria pura.

L'azione estinguente dell'atmosfera per le diverse radiazioni dello spettro, è dunque funzione della lunghezza d'onda λ e dell'altezza solare; queste funzioni dipendono inoltre dalle momentanee condizioni di torbidità e di umidità dell'aria.

§ 10 — **Radiazioni oblique** — In una massa d'acqua, indefinitamente estesa in senso orizzontale ed uniformemente esposta alle radiazioni incidenti in superficie, come nel mare, le radiazioni penetranti subiscono una graduale estinzione per azione dell'assorbimento interno e della dispersione dell'energia verso l'esterno. L'assorbimento agisce tanto sui raggi diretti, quanto su quelli diffusi, e corrisponde alla diminuzione di energia figurata dal coefficiente α. La dissipazione dell'energia verso l'esterno può avvenire solo per azione dei raggi che effettivamente emergono in superficie o sono assorbiti sul fondo. La dissipazione laterale essendo praticamente nulla, le radiazioni che contribuiscono a dispersione di energia verso l'esterno si comportano come se appartenessero a flussi diretti lungo la verticale, per quanto le traiettorie effettive possano essere comunque complesse. Per questa ragione nella teoria svolta nel § 3 si è potuto adottare la semplificazione di considedare le radiazioni del flusso indicato con J come se fossero parallele all'asse z, e quindi anche ai raggi incidenti, nel caso di incidenza normale ivi considerato; il coefficiente β figura la frazione di energia che ogni strato unitario perde in dipendenza da questo flusso rivolto verso l'esterno.

Se le radiazioni incidono obliquamente sulla superficie, e se indichiamo ancora con J l'intensità del flusso rivolto verso l'alto, cessa il parallelismo fra la radiazione diretta e quella dispersa verso la superficie; il sistema di equazioni (4) non corrisponde più al problema.

La teoria svolta per le radiazioni incidenti normalmente non è valida dunque se le radiazioni sono oblique. Nei calcoli numerici che faremo nel seguito ci varremo tuttavia di tale teoria anche per il caso delle radiazioni oblique; l'errore che con ciò si viene a commettere diminuisce la precisione dei risultati tanto più quanto maggiore è l'obliquità dei raggi. Osserviamo però, come risulta da accurate esperienze del Grein, ricordate nel Cap. II, che le fluttuazioni osservate nell'intensità delle radiazioni a varie quote, in pari condizioni di trasparenza apparente e di colore, ma in ore diverse e quindi con altezze zenitali variate fra limiti estesi, sono estremamente irregolari.

Anche i valori della radiazione penetrante in superficie, per le ragioni esposte nei § 7-9, non possono figurare nei calcoli se non con grossolana approssimazione. Perciò l'estensione delle formole date per radiazioni verticali al caso di radiazioni oblique sembra giustificato in quei casi in cui l'errore che si commette non sia tale da alterare l'ordine di grandezza delle approssimazioni stesse che sono consentite dalla natura dei dati sperimentali.

CAPITOLO II

Interpretazione delle osservazioni Costanti ottiche

§ 11 — **Determinazioni sperimentali** — Nelle misure sperimentali si valuta l'estinzione delle radiazioni per effetto globale dell'assorbimento e della diffusione. I dati sono interpretati normalmente in base alla semplice formola esponenziale (3); resta indeterminata la relazione che lega il coefficiente di estinzione così ottenuto con i coefficienti di assorbimento (§ 1) e di diffusione (§ 2).

Si hanno dati di diverse fonti, ma abbastanza concordi, per l'acqua pura; per le acque marine le variazioni sono così forti da caso a caso da non consentire la formulazione di valori medi di uso generale. Riportiamo dal Krümmel (pag. *272*) la seguente tabella dei dati più attendibili per lo spettro visibile:

COEFFICIENTI DI ESTINZIONE PER L'ACQUA PURA

Colore	Lunghezza d'onda in $\mu\mu$	Coeff. di estinzione in $1/m$	Osservazioni
Indaco	450	0.010	—
Azzurro	470	.010	—
Verde azzurro	490	.010	presso linea *E*
» »	510	.012	—
Verde	530	.010	presso linea *F*
Giallo verde	550	.033	—
Giallo	570	.085	—
»	590	.085	presso linea *D*
»	600	.163	—
Giallo aranc.	615	.235	banda di assorb.
Aranciato	630	.240	—
Rosso aranciato	650	.280	presso linea *C*
Rosso	660	.300	—

Le bande di assorbimento fra 660 e 670 μμ, fra 610 e 620 μμ e quelle oltre la linea C verso la A sono note col nome di *bande di Schönn.*

L'estinzione cresce rapidamnte nella regione dei raggi infrarossi. Secondo le osservazioni di Aschkinass riportate dal Kohlrausch (1) l'assorbimento avverrebbe nelle proporzioni indicate nel seguente prospetto:

Spessore dell' acqua	Lunghezza d'onda in μ	Assorbimento %
m. 1	0.77	91
cm. 1	1.00	35
»	1.25	71
cm. 0.005	1.50	18
»	1.71	5
»	1.94	46
»	2.2	14
»	2.7	88
cm. 0.001	2.8	2
»	3.1	94
»	3.8	19
»	4.7	42
»	5.3	27
»	6.1	92
»	7.1	56
»	8.4	50

Le poche determinazioni che si hanno per la regione dell'ultravioletto portano alla conclusione che anche in tale zona l'estinzione cresce rapidissimamente al diminuire della lunghezza d'onda (2).

§ 12 — **La formola esponenziale** — I coefficienti riferiti nel paragrafo precedente furono dedotti da prove di laboratorio su piccole masse di acqua. Eseguendo determinazioni spettrofotometriche sui valori delle intensità di radiazione a quote crescenti nelle grandi masse acquee lacuali o marine, e deducendo i coefficienti che corrisponderebbero a una figurazione del fenomeno con semplice funzione esponenziale, non risultano mai coefficienti costanti, come tale figurazione suppone; nè gli scarti sono spiegabili entro i limiti di errore che i dati sperimentali possono avere.

(1) F. Kohlausch, *Lehrbuch der prak. Physik.* XI Aufl., p. 714, 1910.

(2) R. Bertel, *Sur une nouvelle méthode ecc.* Bull. Inst. de Monaco, N. 219, 1911.

Prima di discutere queste discordanze fra i dati sperimentali e la figurazione analitica di essi, converrà mettere a raffronto i valori definiti da semplice formola esponenziale, tipo (3), con quelli figurati dalle formole svolte nel § 4.

Alcuni autori, come il Gans, citato, ammettono che l'effetto globale dei due fattori agenti su l'estinzione delle radiazioni nell'acqua sia rappresentato da una formola esponenziale tipo (3), in cui però il coefficiente di estinzione sia eguale alla somma del coefficiente α di assorbimento (§ 1) e del coefficiente β di diffusione (§ 2).

Ammettono cioè che sia

$$I/I_0 = e^{-\gamma h} \tag{3'}$$

ove $$\gamma = \alpha + \beta$$

La teoria svolta nel § 3 porta invece alla formula

$$I/I_0 = e^{-\gamma h}\,(1 - \theta)/(1 - \theta e^{-2\gamma h}) \tag{13}$$

ove $$\gamma^2 = \alpha^2 + 2\,\alpha\,\beta$$

e quindi $$\gamma < \alpha + \beta.$$

Presso la superficie essendo, per le (19) e (9), $\mu = \varepsilon^{-1}$, $\theta = 0$, le due formole 3' e (13) coincidono nella forma, non però nel valore da attribuire a γ. A quote profonde invece la frazione che moltiplica, nella (13), il fattore esponenziale, decresce dal valore 1 verso il limite inferiore $1 - A^2$, che raggiunge a quote ove si possa assumere $\mu = 0$ e quindi $\theta = \varepsilon^{-2} = A^2$. Il secondo membro della (13), inizialmente dà quindi per I/I_0 valori lievemente maggiori di quelli dati dal secondo membro della (3'); a quote via via crescenti, poichè il termine correttivo decresce di valore fra i limiti ora indicati, i valori di I/I_0, dati dalla (13), possono risultare inferiori a quelli dati dalla (3'). Abbiamo ricordato nel § 2 che, secondo la teoria del Gans, il massimo valore della radiazione diffusa all'esterno da una massa d'acqua pura, per effetto di tutte le azioni dispersive interne, raggiunge al massimo 3/8 della radiazione incidente; e ciò avviene quando il coefficiente α di assorbimento tende a zero. Per le radiazioni azzurre-violette, alle quali corrispondono i minimi valori dell'assorbimento, l'albedo A dovrebbe qundi avere valori inferiori a 3/8. Ponendo, ad esempio, $A = 0{,}3$, il valore limite $1 - A^2$ si riduce a 0,91; il fattore moltiplicativo nel secondo membro della (13) ha quindi valori compresi fra 1 e circa 0,91. Per le radiazioni più lunghe tale fattore differisce sempre meno dall'unità.

Queste osservazioni portano a concludere:

1° L'estinzione delle radiazioni nell'acqua, ammesso che il valore della radiazione diffusa all'esterno sia contenuto entro i limiti ora indicati, segue assai prossimamente una semplice legge esponenziale; gli scostamenti da essa sono sensibili solo per le radiazioni di minore lunghezza d'onda, ma anche in tal caso sono molto piccoli;

2° Il coefficiente di estinzione nella formola esponenziale è però alquanto minore della somma dei distinti coefficienti di assorbimento e di diffusione, specialmente per le radiazioni di breve lunghezza d'onda; solo per le radiazioni più lunghe, essendo quasi nullo il coefficiente di diffusione, tale somma coincide praticamente col coefficiente di estinzione.

Qualora alle espressioni (3') e (13) venisse data una figurazione grafica portando come ascisse i valori h e come ordinate i valori $\log_e (I/I_o)$, la 3ª sarebbe figurata da una retta, uscente dall'origine, avente coefficiente angolare eguale, in valore assoluto, alla somma $\alpha + \beta$; la (13) darebbe luogo a una curva, tangente nell'origine ad una retta avente coefficiente angolare $\gamma < \alpha + \beta$, e volgente in seguito la concavità verso il basso. Quando il coefficiente β è assai piccolo, come avviene per le radiazioni più lunghe, i due grafici considerati differiscono assai poco tra loro; quando tale coefficiente è rilevante, come per le radiazioni più brevi, le differenze fra la retta corrispondente alla formola esponenziale e la curva figurante la formola (13) risultano apprezzabili.

§ 13 — **Ricerche sperimentali su le acque marine** — Rinviamo al trattato del Krümmel per gli accenni alle misure eseguite nelle acque marine sino al 1908. Posteriormente il Bertel fece misure nelle acque di Monaco, mediante apparecchio perfezionato; ma i dati ottenuti, come già rilevò il Grein (1), non sono corretti, dato il metodo adottato nell'esecuzione e nell'interpretazione delle impressioni fotografiche.

Non si hanno serie sufficientemente estese di misure fatte col nuovo apparecchio spettrofotometrico del Knudsen (2), strumento che rappresenta quanto di meglio sia stato finora proposto in questo campo di indagini. Ci limitiamo ad esaminare i dati osservati da K. Krein nelle acque di Capri, nel 1911, mediante impiego di un fotometro marino di nuova costruzione e di filtri Wratten, che avevano un potere selettivo ristretto a un breve campo di radiazioni. Per quanto l'impiego dei filtri non porti a risultati così precisi come quelli che si possono avere con spettrofotometri, tuttavia le serie di misure eseguite dal Grein offrono i dati più accurati che finora si posseggano; essi bene si prestano ai calcoli che ci proponiamo di eseguire. Dalle memorie del Grein (1) riportiamo la seguente tabella, in cui sono dati i valori dell'intensità luminosa delle radiazioni fra le quote da 1 a 1500 m., espressa in millesimi dell'intensità esistente a 1 metro di profondità. L'apparecchio del Grein non consentì accurate determinazioni delle radiazioni superficiali.

---

(1) K. Grein, *Untersuchungen über die Absorption des Lichtes im Seewasser. I und II Teil.* Ann. de l'Inst. Océanographique, Tome V, fasc. 6; Tome VI, fasc. 6.

(2) M. Knudsen, *On measurement of the penetration of light into the sea.* Pub. de circ., N. 76, Copenhague, 1922.

VALORI RELATIVI DELLE INTENSITÀ DELLE RADIAZIONI NELLE ACQUE DI CAPRI, SECONDO K. GREIN

(espressi in millesimi dell'intensità esistente alla quota di m. 1).

Profondità m.	Rosso μμ 680-610	Aranciato-giallo 620-585	Verde 570-515	Verde-azzurro 545-486	Azzurro 475-420	Azzurro-violetto 435-400
1	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5	3.7	2.5	250	250	450	866
10	2.7	2	166	166	437	800
20	.03	1.2	5.8	21	277	666
50	.0021	.032	2.2	2.5	201	200
75	—	.008	.75	2.2	25.6	100
100	—	.001	.03	.053	5.5	10
200	—	—	.004	.01	.04	1
500	—	—	.0016	.004	.004	.1
1000	—	—	—	.0003	.0001	.003
1500	—	—	—	—	—	10^{-8}

Il Grein usò tutte le avvertenze richieste dalla delicatezza estrema di simili determinazioni. Tuttavia l'autore stesso fa rilevare che i dati non presentano assoluta omogeneità, e in qualche punto si scostano notevolmente da un andamento regolare. Ad esempio non pare attendibile il fatto che il verde-azzurro, meno penetrante dell'azzurro negli strati superiori e medi, prevalga sull'azzurro a maggiori profondità; non è chiaro come possano avere pari intensità l'azzurro e l'azzurro-violetto verso la quota di 200 m., mentre ad ogni altra profondità l'azzurro violetto è prevalente; così pure non si comprende come l'aranciato sia assorbito più del rosso sino a 10 m., per essere assorbito in misura molto minore in seguito; ecc.

Queste anormalità sono spiegate dal Grein col fatto che le osservazioni a diverse quote non furono fatte simultaneamente. Operando in tempi diversi, le condizioni di torbidità dell'aria e dell'acqua mutano fortemente, anche se apparentemente le condizioni meteorologiche e marine restano immutate; le intensità luminose assolute e relative subiscono variazioni notevolissime, senza che sia possibile stabilire una relazione definita tra queste fluttuazioni e le variazioni dell'altezza solare, del colore dell'acqua, della visibilità del disco Secchi, ecc. Le fluttuazioni di luminosità, per radiazioni diverse, non risultano normalmente neppure parallele tra loro, e hanno il carattere di variazioni non periodiche. Il Grein, che studiò queste fluttuazioni con molta cura, trova ad esempio, che l'intensità di radiazione a 100 m. di profondità rispetto a quella che si ha a 50 m., può variare da 8 a 72 % per il verde, da 2.8 a 68 % per l'azzurro, da 4.2 a 67.8 % per l'azzurro violetto.

Di fronte a variazioni così profonde e irregolari, in acque che per la durata delle esperienze mantengono immutata colorazione, risulta che i dati sperimentali non possono consentire l'omogeneità e la precisione desiderabili nella determinazione dei coefficienti e nelle applicazioni teoriche.

A questo si aggiunga che i dati rilevati a quote molto profonde e a quote superficiali, per ragioni tecniche precisate dal Grein, devono essere ritenute meno approssimati di quelli rilevati a quote intermedie. I valori relativi a 1000 m., ad esempio, sono dal Grein stimati come molto minori di quelli effettivi. A profondità maggiori di 1000 m. l'incertezza sul valore dei risultati va crescendo, così che solo si può presumere di accertare se le radiazioni esercitino influenza sensibile, senza poter tuttavia fare sicure valutazioni quantitative. A questo proposito ricordiamo la seguente frase del Grein, che riteniamo pienamente giustificata e che ha molta importanza sopratutto nel campo biologico: « a qualunque profondità si può avere qualsiasi grado di annerimento delle lastre, prolungando sufficientemente il tempo di posa ». Ciò significa che *la penetrazione della luce avviene in modo asintotico, senza che esista un confine oltre al quale cessino completamente tutte le radiazoni.*

Le osservazioni precedenti dicono che i dati del Grein, per quanto costituiscano una delle più accurate serie di valori che si conoscano, tuttavia non hanno i caratteri che si richiedono per servire di base a calcoli molto precisi sui valori delle costanti ottiche o per le applicazioni consentite dalla teoria. I calcoli che ora svilupperemo devono dunque essere intesi in senso largamente approssimativo.

§ 14 — **Coefficienti di estinzione** — Le osservazioni del Grein sono fatte con distanze zenitali del sole varianti fra 22° e circa 40°; con tali angoli di incidenza i raggi penetrano in acqua con angoli da 15° a 30°. Eseguendo i calcoli dei coefficienti come se si trattasse di raggi verticali, si commettono quindi errori trascurabili di fronte alle incerte approssimazioni dei dati osservati.

In base alla formola esponenziale di Lambert, in corrispondenza dei singoli rapporti I_k / I_1 della precedente tabella, si ottengono i coefficienti di estinzione dati dal seguente prospetto.

COEFFICIENTI DI ESTINZIONE CORRISPONDENTI ALLE OSSERVAZIONI DEL GREIN (in 1/m).

Profondità m.	Rosso	Aranciato giallo	Verde	Verde azzurro	Azzurro	Azzurro violetto
5	1. 400	1. 502	0. 348	0. 348	0. 201	0. 037
10	0.660	.691	.201	.201	.092	.023
20	.546	.355	.272	.203	.064	.023
50	.267	.211	.124	.122	.033	.033
75	—	.159	.094	.081	.050	.031
100	—	.140	.105	.104	.060	.047
200	—	—	.062	.058	.050	.035
500	—	—	.027	.025	.025	.018
1000	—	—	—	.015	.016	.013
1500	—	—	—	—	—	.017

Dall'esame di questo prospetto balza evidente il contrasto fra le variazioni che i coefficienti di ogni colonna subiscono al variare della quota, e la costanza che dovrebbe invece caratterizzare i coefficienti di ogni gruppo di radiazioni, indipendentemente dalle variazioni di profondità.

I rapporti delle intensità risultanti dalle osservazioni del Grein non seguono dunque affatto una distribuzione conforme alla formola di Lambert. Il disaccordo è reso più evidente dai grafici della Fig. 1, in cui i logaritmi dei rapporti I_h / I_1 sono portati come ordinate, e le quote h come ascisse. Invece delle linee rette, descritte nel paragrafo 12, si ottengono curve che inizialmente hanno una rapida discesa poi si incurvano fortemente colla concavità verso l'alto nell'intervallo fra 50 e 150 m., e solo nel tratto finale presentano andamento che si scosta poco dalla forma rettilinea. Il disaccordo tra l'andamento di queste curve d'osservazione e le linee rette che figurano l'estinzione secondo la legge esponenziale è tanto più forte quanto più brevi sono le lunghezze d'onda delle radiazioni.

Anche tenendo conto delle irregolari fluttuazioni dei dati d'osservazione, delle inomogeneità e degli errori sperimentali di cui è fatta parola nel paragrafo precedente, non si giunge a spiegare un così stridente e generale disaccordo fra le osservazioni e la loro rappresentazione con formola esponenziale.

Nè il disaccordo è sensibilmente attenuato se questi dati sperimentali vengono figurati colle formole della teoria che abbiamo sviluppato. Basti ricordare le conclusioni formulate nel paragrafo 12, secondo le quali l'intensità delle radiazioni nella nuova teoria viene ancora ad essere figurata da funzione esponenziale, moltiplicata per un fattore che si scosta assai poco dall'unità.

Quali sono le cause di questa discordanza fra osservazioni e teoria? Abbiamo già osservato che una spiegazione esauriente non si trova sulla sola base delle irregolarità dei dati sperimentali. La causa essenziale sta nel fatto che le semplificazioni adottate nello sviluppo delle teorie non corrispondono

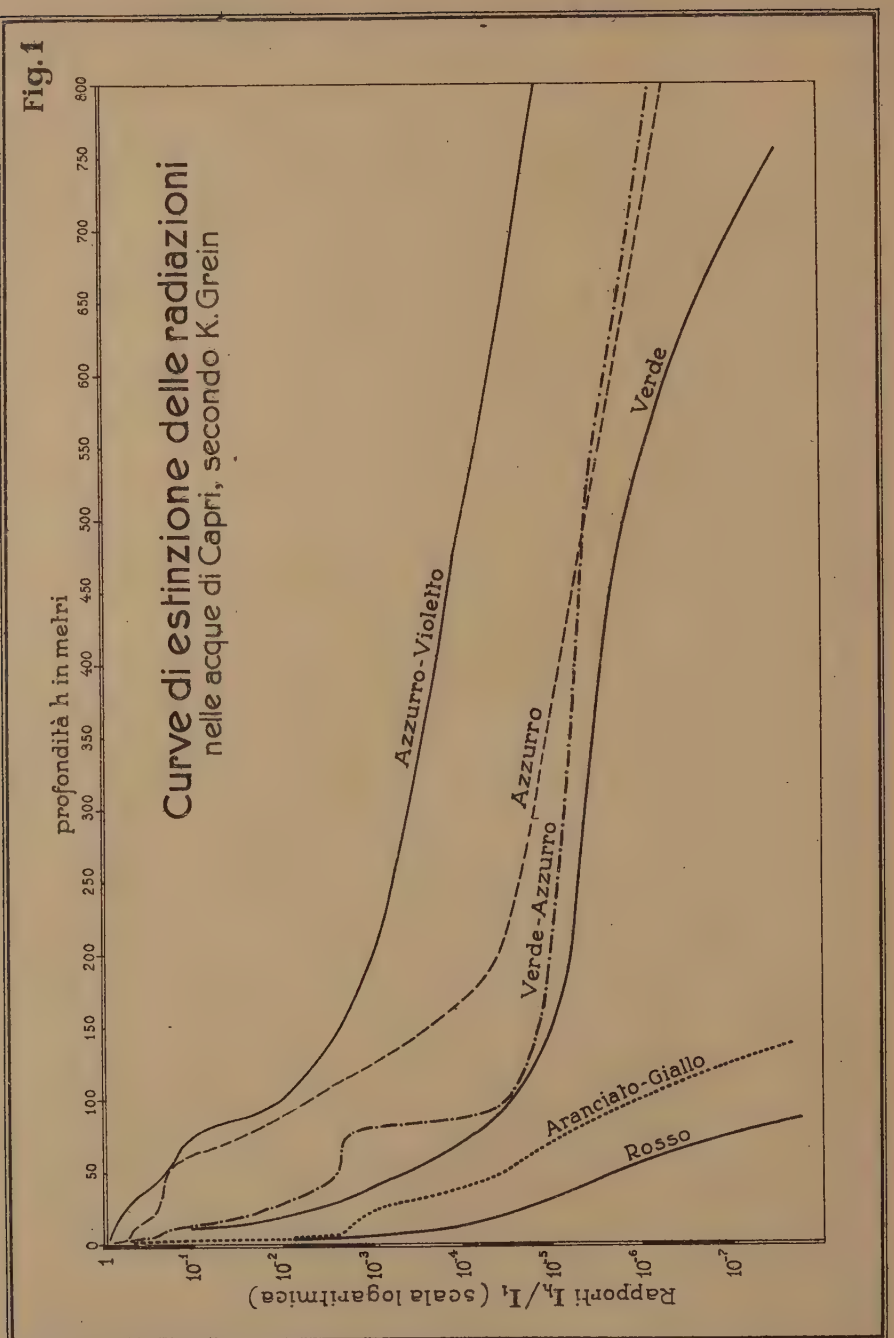


Fig. 1
Curve di estinzione delle radiazioni
nelle acque di Capri, secondo K. Grein
profondità h in metri
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Rapporti I_h/I_1 (scala logaritmica)
1
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}
Azzurro-Violetto
Azzurro
Verde-Azzurro
Verde
Arancio-Giallo
Rosso

correttamente al fenomeno. Basti osservare che le teorie partono dall'ipotesi che la massa acquea abbia omogeneità di caratteri ottici in tutta la sua estensione; ipotesi che sarebbe invece troppo lontana dalla realtà. Nel quadro dei coefficienti di estinzione corrispondenti alle osservazioni del Grein osserviamo, a parte poche irregolarità, una forte e uniforme diminuzione dei coefficienti a quote crescenti, la quale, per la sua entità, non ha alcuna relazione colla lieve diminuzione prevista dalla teoria (§ 3).

I dati del Grein corrispondono a una trasparenza ottica che è minima negli strati superficiali, gradualmente cresce a quote più profonde, ed è massima nelle zone abissali. Se in luogo di rapporti e coefficienti relativi a intervalli compresi fra superficie e quote crescenti, come è fatto nei prospetti precedenti, si valutano rapporti e coefficienti corrispondenti a singoli strati interni, si ottengono per le acque abissali coefficienti di estinzione molto minori, sino a raggiungere valori inferiori a quelli stessi dell'acqua pura, ricordati nel paragrafo 11. Il fatto è generale per tutte le radiazioni e permane anche ammettendo notevoli errori nei dati sperimentali. Esso porta a concludere che effettivamente la trasparenza dell'acqua marina subisca un forte aumento al crescere della profondità, specialmente per le radiazioni di maggiore lunghezza d'onda; formole dedotte nell'ipotesi di estinzione uniforme a tutte le quote non possono correttamente figurare i dati osservati

Queste conclusioni sono in pieno accordo coi risultati delle ricerche talassografiche. Da esse risulta infatti generalmente che la torbidità delle acque è massima negli strati superficiali; la densità del plancton è analogamente decrescente colla profondità [1]; i moti delle acque, le variazioni di temperatura e di densità, e tutte le cause che determinano rifrazioni e diffusioni interne, hanno, in generale, influenze sempre minori al crescere della profondità. E' naturale quindi che, in natura l'ipotesi di coefficienti ottici costanti non si verifichi, ma si abbiano invece coefficienti funzioni di più variabili, mutevoli quindi colla profondità, col sito e col tempo.

§ 15 — **Costanti ottiche medie** — In natura non possiamo parlare che di valori medi delle costanti ottiche, per il sito e l'epoca in cui furono fatte le osservazioni. Questi valori medi dipendono dalla quota; e sono tali da determinare in generale un'estinzione tanto minore quanto maggiore è la profondità a cui si riferiscono.

Tra i coefficienti della precedente tabella scegliamo ad esempio quelli che si riferiscono alla quota di m. 200 per le radiazioni dal verde al violetto, alla quota 100 per quelle aranciate, e alla profondità di m. 50 per le rosse.

---

[1] « Le plankton paraît varier beaucoup dans le sens vertical, au point de vue de la quantité comme de la composition en espèces. C'est entre 10 e 50 mètres, d'après les résultats du *Michaël Sars*, qu'il est le plus riche. Il s'appauvrit à partir de 50 mètres et se raréfie beaucoup à partir de 100 mètres. Il y a, au point de vue de la compositioo, de grandes différences entre le plankton océanique de surface, de profondeur moyenne et de grande profondeur ecc. ». Max Kollmann, *Océanografie physique e biologique*, pag. 138, Paris, 1925.

Tali coefficienti possono essere identificati colla costante γ, come è facile rilevare in base alla relazione (17). Naturalmente non possiamo valerci di tali valori per dedurre i coefficienti di diffusione β mediante la (16), data l'incerta approssimazione dei dati sperimentali. Neppure abbiamo osservazioni dirette sui valori dell'albedo A, dai quali il coefficiente β possa essere dedotto con precisione (§ 4). Sappiamo però che tanto le ricerche teoriche del Gans, più volte ricordate, quanto le osservazioni fatte dal Wiesner [1] nelle acque atlantiche, quanto infine la pratica fotografica si accordano nell'assegnare all'albedo A delle radiazioni azzurro-violette un potere alquanto elevato. Adotteremo per tali radiazioni il valore $A = 0.3$, che si accorda con quello teorico 3/8 assegnato dal Gans all'acqua pura come limite massimo nel caso in cui sia $\alpha = 0$. A titolo di confronto possiamo ricordare che ove si tenga conto non di radiazioni singole, come nel nostro caso, ma della luce totale diffusa da una superficie illuminata, l'albedo varia tra valori massimi per le nubi (da 0.8 a 0.9), la neve (0.7), la pietra bianca (circa 0.25) ecc. e valori minimi per un suolo smosso e umido (0.08) e in generale per i corpi neri.

Noto il valore di A le (21) e (5) determinano i coefficienti β e α corrispondenti. I coefficienti β ottenuti per diverse radiazioni devono soddisfare alla legge di Rayleigh (§ 2), che fu dimostrata valida anche per la diffusione interna dell'acqua [2]. I rapporti tra i coefficienti β devono cioè corrispondere ai valori relativi indicati nel quadro seguente in corrispondenza delle linee di Fraunhofer. E' posto eguale ad 1 il coefficiente relativo alla linea A [3]:

linee	A	B	C	D	E	b	F	G	H
$\beta =$	1.000	1.514	1.821	2.801	4.371	4.728	6.036	9.788	13.59

In base ai dati così assunti si ottengono, ad esempio, i seguenti coefficienti medi per le quote fra 1 e 200 m.

VALORI MEDI DELLE COSTANTI OTTICHE (fra 1 e 200 m.) NELLE ACQUE DI CAPRI (per metro)

	Rosso	Aranciato giallo	Verde	Verde azzurro	Azzurro	Violetto
γ	.267	.140	.062	.058	.050	.035
A	.005	.01	.06	.10	.20	.30
β/α	.011	.042	.136	.247	.625	1.224
α	.264	.036	.055	.048	.033	.019
β	.003	.004	.008	.012	.021	.023

[1] J. Wiesner, *Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas ecc.* Meteor. Zeit., 1906, pag. 182.

[2] Lampa, *Sitzungsb. Ak. Wien,* Bd *100,* Abt. II, pag. 733.

[3] Chwolson, *Traité de Physique* Tome II, Cap. XII, § 6.

I coefficienti di diffusione β dati in questa tabella sono circa quadrupli di quelli valutati teoricamente colla formola di Einstein per il caso di acqua pura (§ 2); è presumibile infatti che la diffusione sia molto maggiore nell'acqua di mare che nell'acqua pura.

Le frazioni A di radiazioni diffuse all'esterno superano fortemente le frazioni di radiazione riflessa specularmente (§ 7) se si tratta di radiazioni brevi; per quelle aranciate e rosse la radiazione diffusa si riduce invece a quantità minori del piccolo valore (2 %) della riflessione speculare.

I coefficienti α crescono fortemente colla lunghezza d'onda e superano sensibilmente i coefficienti di estinzione corrispondenti all'acqua pura (§ 11).

Nelle zone ove i coefficienti di estinzione presentano scarti notevoli dai valori medi adottati nel calcolo della precedente tabella, le costanti ottiche subiscono deviazioni più o meno forti dai valori ora calcolati. Ciò avviene sopratutto presso la superficie per riguardo alle radiazioni più lunghe dello spettro visibile; e a grandi profondità per quelle più brevi. I valori che i coefficienti di estinzione presentano negli strati sotto i 200 m. sono molto minori di quelli medi fra 1 e 200 m.; le valutazioni che si possono fare coi dati del Grein portano a coefficienti che sono addirittura minori di quelli constatati per le piccole masse di acqua pura esaminate nei laboratori. Questo risultato può in parte derivare da errori sperimentali; ma in gran parte sembra corretto e dovuto alla limpidezza massima che le acque profonde presentano a confronto delle acque degli strati medi e superficiali.

CAPITOLO III

Determinazioni eseguite nel Mar Rosso

§ 16 — Il Grein, nelle memorie citate, designa coll'appellativo di « barbarico » il metodo con cui in alcune campagne oceanografiche come quelle della *Valdivia* e della *Pola*, le lastre fotografiche venivano esposte all'azione dell'acqua marina e sviluppate a bordo.

Questo appellativo si addice in parte anche alle misure eseguite nella campagna della *Magnaghi*. Come fu detto nella prefazione, i compiti assegnati alla crociera non avevano consentito di dare un adeguato sviluppo alle ricerche ottiche. Le eccezionali condizioni che si hanno in mar Rosso consigliarono tuttavia di eseguire alcune misure coi mezzi che poterono essere disposti all'ultimo momento, pur sapendo che si sarebbe fatto in tal modo un lavoro piuttosto rudimentale. Fra le acque azzurre e limpide del mar Rosso settentrionale e quelle verdastre e torbide delle zone meridionali e delle adiacenze costiere si hanno tutte le desiderabili gradazioni di trasparenza e di colore. In corrispondenza delle fosse centrali i fondali profondi consentono esplorazioni estese a quote molto grandi. Infine le misure possono venire compiute col sole allo zenit, e in presenza di atmosfera limpida e serena. I dati raccolti in queste condizioni, pur disponendo solo di apparecchi ormai sorpassati, hanno tuttavia qualche valore e uno speciale interesse.

Le prove su la penetrazione e l'assorbimento delle radiazioni negli strati interni del mare vennero compiute mediante un vecchio apparecchio Luksch. Lo strumento, come è noto (1), si compone di un portalastre 9 × 12, racchiuso entro una cassa scorrevole e a tenuta di luce; l'apertura per l'esposizione delle lastre, e la chiusura successiva sono fatte dall'esterno, negli istanti voluti, mediante invio di messaggeri.

(1) J. Luksch, *Untersuchungen über die Transparenz und Farbe des Seewassers*. Ber. der Comm. für Ocean. Forsch., VII Reihe, parte XIX, pag. 470, Wien, 1901.

Le lastre vennero munite di filtri colorati, disposti entro finetrelle rotonde praticate in uno schermo di rame, col quale veniva coperta ogni lastra.

§ 17 — Diamo le caratteristiche di questi filtri, quali risultano da un esame spettroscopico.

Filtro N° 1 — Vetro bianco smerigliato.

Filtro N° 2 — Vetro violetto: lo spettro di assorbimento dà estinzione completa dello spettro, dal rosso sino oltre la linea *F* dell' azzurro - verde, circa 500 μ μ. Presenta la massima luminosità attorno alla linea *G*, 430 μ μ. Può servire quindi per esaminare l'azione dei raggi aventi lunghezza d'onda $\lambda < 500$ μ μ.

Filtro N° 3 — Vetro verde: presenta uno spettro di assorbimento avente le linee *E*, *b* nella fascia centrale, che rapidamente decresce in intensità ai due lati, sino ad estinzione totale verso la linea *F* da un lato, e la linea *D* dall'altro. Serve per i raggi aventi lunghezze d'onda fra 500 e 600 μ μ

Filtro N° 4 — Vetro giallo-aranciato: è sensibile al rosso e a tutte le radiazioni sino oltre le linee *E*, *b*. La soverchia estensione dello spettro di assorbimento rende quindi alquanto indeterminati i risultati che si avranno con questo filtro.

Filtro N° 5 — Vetro rosso I: lo spettro di assorbimento è limitato fra il rosso e la linea *D* del giallo; il giallo è molto attenuato e in seguito si ha estinzione completa. Può servire quindi per i raggi con $\lambda > 580$ μ μ.

Filtro N° 6 — Vetro rosso II: l'estinzione del giallo è completa; l'aranciato è molto attenuato; brillante è la parte estrema del rosso oltre la linea *C*. E' quindi molto adatto per l'analisi delle estreme radiazioni rosse.

Come si vede questi filtri lasciano passare ognuno una larga zona spettrale; consentono perciò di valutare solo l'azione globale del corrispondente gruppo di radiazioni.

§ 18 — Nelle misure furono adottate lastre *pancromatiche Agfa*, la cui sensibilità è notevole anche per la parte giallo-rossa dello spettro, così che le manipolazioni e lo sviluppo devono essere fatti al buio. La sensibilità di queste lastre fu oggetto di speciale esame nell'Istituto Geofisico di Trieste, mediante fotografie di spettri ottenuti con reticolo Thorp e spettrofotografo della casa Spindler e Hoyer di Göttingen, collimando direttamente al sole. Siccome coll'apparecchio del Luksch le lastre sono immerse in acqua marina, si dovette esaminare la sensibilità di lastre preventivamente bagnate con acqua di mare; e si constatò che l'azione di quest'acqua altera in modo essenziale la sensibilità che le lastre possiedono quando sono asciutte. In generale rimane attenuata fortemente la sensibilità delle lastre rispetto all'azione dei raggi azzurro-violetti, mentre invece viene esaltata la sensibilità verso le radiazioni dell'opposta parte dello spettro.

Questa alterazione di sensibilità è vantaggiosa, poichè permette di avvertire meglio la debole azione dei raggi rossi alle quote profonde; l'azione dei

raggi azzurri è così intensa che un'attenuazione di sensibilità permette di operare con durate lunghe di posa senza avere eccessive sovraesposizioni. La sensibilità assoluta delle lastre per radiazioni diverse non ha importanza in queste genere di misure, perchè interessa solo di esaminare il grado relativo di impressione che si ha, in corrispondenza di un dato filtro, a quote via via crescenti.

Alcune prove, destinate ad avere un criterio per valutare i limiti massimi a cui l'azione fotochimica della luce era ancora sensibile, furono eseguite senza filtri, usando lastre Cappelli ultrasensibili.

§ 19. — Le temperature elevate delle acque del mar Rosso e dell'ambiente in cui si doveva eseguire lo sviluppo, esercitavano un'azione estremamente dannosa sulle lastre. La gelatina si scioglieva durante l'immersione in acqua e nel bagno di sviluppo la gelatina disciolta si espandeva sulla lastra, diffondendo un annerimento generale, e alterando quindi in modo essenziale le impressioni avute in corrispondenza dei filtri. Talora la dissoluzione era così profonda che le lastre erano del tutto inutilizzate. L'impiego di un bagno di sviluppo refrigerato con ghiaccio e un indurimento con formalina, operato subito dopo lo sviluppo, attenuavano gli inconvenienti ora deplorati, senza tuttavia eliminarli in modo soddisfacente. Un indurimento preventivo con formalina venne tuttavia evitato, per timore di troppo profonde alterazioni nella sensibilità delle lastre. Delle prove fotografiche avute nel mar Rosso meridionale, ove le temperature sono più elevate, poche risultano perciò abbastanza integre così da prestarsi a un esame sicuro. Nel mar Rosso settentrionale invece le temperature sono notevolmente minori, specie negli strati profondi, e si ebbero lastre poco alterate per azione termica; la loro interpretazione può essere fatta in modo più corretto.

Lo sviluppo venne fatto sempre con bagni freschi, sciogliendo tubetti Agfa al metolo-idrochinone. La durata dello sviluppo fu normalmente di tre minuti, tempo che parve largamente sufficiente, dato il lungo tempo di posa, un quarto d'ora, adottato sistematicamente in tutte le determinazioni eseguite.

§ 20 — La graduazione delle relative intensità luminose esistenti alle diverse quote, in corrispondenza dei singoli filtri usati, venne fatta nell'ipotesi che tali intensità fossero prossimamente proporzionali alle rispettive impressioni fotografiche. Criterio valido solo entro certi limiti e ad ogni modo non oltre il punto ove si comincia ad avere immagini sovraesposte. Per facilitare la gradazione vennero eseguite alcune serie di impressioni esponendo diversi settori di una lastra a una sorgente luminosa, per intervalli crescenti di posa, così da riprodurre intensità relative aventi gradazioni analoghe a quelle ottenute in mare. I risultati dei confronti sono espressi in modo sommario nel primo dei prospetti seguenti; le valutazioni quantitative sono esposte nei due prospetti successivi, il primo dei quali raggruppa le osservazioni eseguite nel mar Rosso settentrionale, e il secondo quelle del mare meridionale, molto meno trasparente del primo.

In ogni prospetto è fatta eguale ad uno l'intensità di ogni singolo gruppo di radiazioni alla quota indicata nella prima riga; nelle righe successive sono date le frazioni che esprimono le intensità relative alle quote ivi indicate.

In ogni misura erano impiegate due lastre, una delle quali, data l'inclinazione del cavo di sospensione, restava esposta alle radiazioni discendenti dall'alto e a quelle diffuse laterali; mentre l'altra veniva prevalentemente impressionata da semplice luce diffusa. E' evidente che la prima lastra risulta più intensamente impressionata della seconda; ma la differenza è meno forte di quanto si potrebbe supporre specialmente alle quote più profonde. Ad ogni modo è tenuto conto in generale solo del grado di impressione che presentano le lastre rivolte verso l'alto; della seconda lastra di ogni coppia è tenuto conto solo per risolvere casi dubbi, quali si hanno quando vi è dissoluzione ed espansione delle gelatina annerita per azione delle temperature elevate.

In complessso la forma antiquata dell'apparecchio usato e le semplificazioni adottate nel trattamento delle lastre non consentono di attribuire soverchia precisione ai risultati di queste misure. Abbiamo visto che gli stessi dati del Grein, pur essendo rilevati con strumenti migliori e con le cautele suggerite dalla scienza fotografica, presentano discordanze e inomogeneità notevoli. Non è a stupire se i dati che qui presentiamo siano affetti in modo più grave ancora da simili inconvenienti.

DESCRIZIONE DELLE IMPRESSIONI OTTENUTE IN CORRISPONDENZA DEI FILTRI

N° lastre	N. Stazione	Posizione	Data	Ora inizio	Quota immersione m.	Colore scala Forel	Mare	Rosso I	Rosso II	Giallo	Verde	Azzurro	Vetro smerigl. o S F	*OSSERVAZIONI*
1-2	76	S W. di Perim	1922/11/XII	$12^h 45^m$	360	12	mosso	—	—	—	—	—	n_3	S. F.
3-4	83	N. di Perim	19/XII	13 5	40	10	»	n_1	n_4	s_1	s_2	s_2	s_2	lastre velate
5-6	120	Bab-el-Mandeb	1923/23/III	12 5	100	6-7	agitato	n_3	u_4	n_4	n_4	s_2	s_2	» »
7-8	»	»	»	13 38	70	»	»	n_3	n_3	s_1	s_2	s_2	s_2	» »
9-10	»	»	24/III	12 35	150	»	»	—	—	—	—	—	—	persa la gelatina
11-12	»	»	24/III	11 50	150	»	»	n_3	n_3	n_3	n_3	s_1	s_2	lastre velate
13-14	121	Zeila	5/IV	12 4	375	3	calmo	—	—	—	—	—	—	lastre molto velate
15-16	»	Golfo di Aden	24/IV	13 45	500	2	»	—	—	—	—	—	n_1	S. F.
17-18	150	Largo di Gidda	17/V	10 34	500	1-2	»	—	—	—	—	—	n_2	» »
19-20	»	»	»	11 36	600	»	»	—	—	—	—	—	n_1	» »
21-22	»	»	»	13 0	400	»	»	n_3	n_4	n_5	n_5	s_1	s_2	gelatina sciolta e diffusa
23-24	155	Largo isole Brothers	23/V	10 50	270	2	»	—	n_1	n_4	n_5	s_1	s_2	lastre molto velate
25-26	»	»	»	12 12	510	»	»	—	—	n_1	n_1	n4	s_1	—
27-28	»	»	»	13 12	610	»	»	—	—	—	—	n_4	n_5	—
29-30	157	S. penis. Sinai	25/V	10 48	200	»	»	—	—	n_4	n_5	s_1	s_2	—
31-32	»	»	»	13 5	700	»	»	—	—	—	—	n_1	n_1	—

SEGNI CONVENZIONALI:

n_1 annerimento appena percettibile
n_2 » debolissimo
n_3 » debole
n_4 » forte
n_5 » fortissimo

s_1 debole sovraesposizione
s_2 forte »
S. F. lastra senza filtri

VALORI DEI RAPPORTI I_h / I_{200}
NEL MAR ROSSO SETTENTRIONALE

Quota h	Rosso II	Rosso I	Giallo	Verde	Azzurro	Bianco
m. 200	(tracce)	(tracce)	1	1	1	1
270	—	(tracce)	0. 3	0. 5	0. 3	0. 5
500	—	—	—	—	.020	0. 4
600	—	—	—	—	.005	.01
700	—	—	—	—	—	(tracce)

VALORI DEI RAPPORTI I_h / I_{40}
NEL MAR ROSSO MERIDIONALE (adiacenze di Bab-el-Mandeb)

Quota h	Rosso II	Rosso I	Giallo	Verde	Azzurro	Bianco
m. 40	—	1	1	1	1	1
70	—	0. 001	0. 05	0. 1	0. 6	0. 6
100	—	.000001	.001	.005	.08	.2
150	—	—	.000001	.000001	.002	.01
360	—	—	—	—	.000001	.00001

§ 21 — I dati di queste tabelle sono figurati nei grafici della Fig. 2. Se si confrontano tali curve con quelle relative alle acque di Capri (fig. 1) si nota che le acque di Capri risultano alquanto più trasparenti di quelle del mar Rosso settentrionale; e che queste, a loro volta, sono fortemente più trasparenti di quelle del mar Rosso meridionale e del golfo di Aden. Nelle acque del bacino settentrionale, con un quarto d'ora di posa, si avevano ancora tracce di impressioni molto nette a 600 m. in corrispondenza del filtro azzurro e del vetro smerigliato; nel mare meridionale tali impressioni venivano a mancare già alla quota di 360 m., e nel golfo di Aden l'annerimento era appena percettibile a 500 m.

Tuttavia, avuto riguardo alle forme caratteristiche delle curve di estinzione, si rileva una piena affinità di andamento nei grafici, a quote eguali e per radiazioni corrispondenti, nei tre casi messi a raffronto. I diagrammi relativi ai colori dal verde-azzurro al violetto, dopo una rapida discesa iniziale, presentano una forte curvatura nel tratto fra 50 e 150 m. di profondità, seguita da un lungo tratto quasi rettilineo e a lieve pendio. Per i colori dal verde al rosso le curve accentuano maggiormente la rapida discesa iniziale e presentano molto

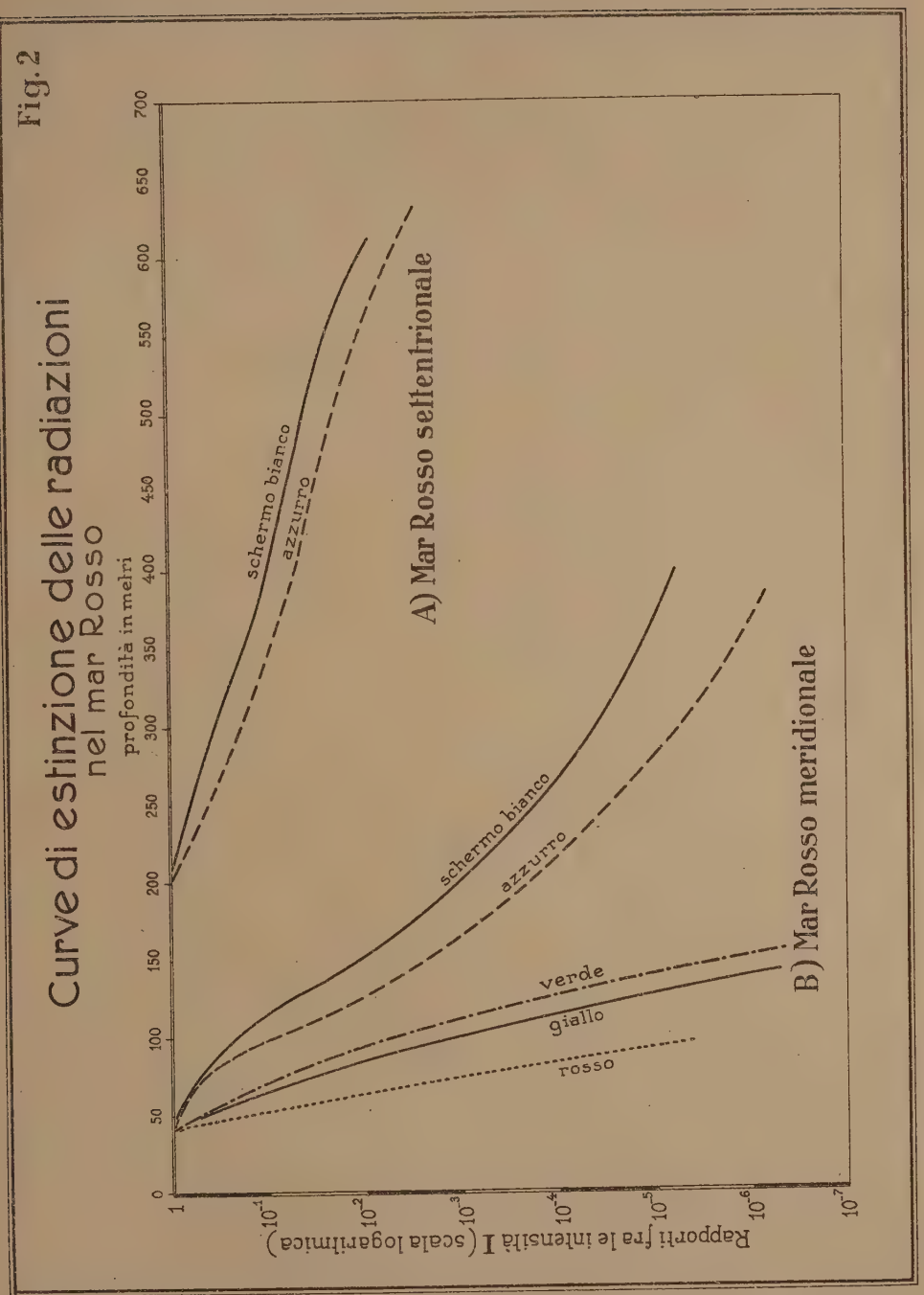


Fig. 2
Curve di estinzione delle radiazioni
nel mar Rosso
profondità in metri
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
schermo bianco
azzurro
A) Mar Rosso settentrionale
schermo bianco
azzurro
verde
giallo
rosso
B) Mar Rosso meridionale
Rapporti fra le intensità I (scala logaritmica)
1
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}

attenuata e spostata a quote minori la ripiegatura dianzi accennata; il tratto inferiore della curva si mantiene fortemente inclinato. La discesa delle curve verso i minimi valori delle intensità di radiazione è più rapida nel mar Rosso meridionale, ove le acque sono poco trasparenti e determinano una maggiore estinzione.

Si osservi che i diagrammi relativi al mar Rosso meridionale si scostano assai meno di tutti gli altri dalla forma prossimamente rettilinea che, secondo la teoria, sarebbe tipica di un'acqua otticamente omogenea. Questo risultato è in accordo colle condizioni reali di quelle acque, agitate da forti correnti e controcorrenti in tutta la loro estensione, e quindi in uno stato di continuo rimescolamento; e avvalora notevolmente l'opinione emessa nel § 13 secondo la quale il disaccordo fra la legge effettiva e quella teorica dell'estinzione delle radiazioni deriverebbe essenziamente dalla inomogeneità nei caratteri ottici dell'acqua marina a quote via via crescenti.

§ 22 — Chi raffronti i dati ammessi fino a pochi anni addietro circa il potere penetrante dei raggi rossi, con quelli che risultano dalle osservazioni del Grein e più ancora da quelle del mar Rosso, troverà forti discordanze. Ancora nel 1911 il Bertel, nel lavoro già citato, assegnava limiti di pochi metri alla penetrazione dei raggi rossi, nelle acque della Riviera di Monaco. Nelle ricerche del Grein questi limiti sono portati oltre i cinquanta metri, nel mar Rosso settentrionale, attraverso al filtro dell'estrema parte rossa dello spettro si hanno ancora impressioni sensibili, in un quarto d'ora di posa, sino a 200 m.; e si raggiungono ancora quote da 50 a 100 m. nelle verdastre e torbide acque adiacenti allo stretto di Bab-el-Mandeb (1). Siamo dunque di fronte a valori enormemente diversi da quelli sinora accettati. Il fatto va ascritto probabilmente alla sensibilità cromatica delle lastre usate per le determinazioni; non si avvertono le radiazioni giallo-rosse se non usando lastre particolarmente sensibili a queste radiazioni. Le lastre pancromatiche Agfa, adottate in mar Rosso, corrispondono abbastanza bene a questa esigenza, tanto più che la loro sensibilità per il rosso viene esaltata, quando le lastre sono immerse in acqua marina, come si deve fare usando l'apparecchio del Luksch. L'accordo fra i dati di Capri e del mar Rosso è completo nell'affermare questo maggiore potere penetrante dei raggi giallo-rossi, in contrasto coll'assorbimento estremamente rapido affermato dai precedenti ricercatori.

Le esperienze nelle acque di Capri avvennero in presenza di altezze solari minori di 70°. In mar Rosso si potè operare col sole prossimo allo zenit. L'obliquità dei raggi, nel primo caso, determina una diminuzione dell'energia

(1) Questi risultati si accordano coi rilievi biologici: « ..... la fonction chlorophylienne s'exerce surtout avec l'aide des radiations les moins réfrangibles. Les algues vertes ne dépassent pas 30 ou 40 mètres. Les algues rouges ou Floridées, qui contiennent, à côté de la chlorophylle, un pigment rouge, la phytoérythrine, descendent plus bas: à 200 mètres toute vie végétale disparaît ». Max Kollmann, op. cit., pag. 46.

incidente e una più rapida estinzione interna; tuttavia tale estinzione risulta minore di quella rilevata nel mar Rosso. Le sole radiazioni rosse farebbero eccezione; ma ciò può provenire dal fatto che il filtro rosso usato dal Grein abbraccia una zona spettrale corrispondente a una delle bande di Schönn. Se questa coincidenza basta, come pare, a spiegare il fatto, tutte le radiazioni, senza eccezione, sarebbero più penetranti nelle acque di Capri che nel mar Rosso.

CAPITOLO IV

Energia solare assorbita negli strati interni di una massa d'acqua

§ 24 — **Radiazioni incidenti verticalmente.** — Quando il sole è allo zenit ci troviamo nelle condizioni di radiazioni incidenti normalmente sopra una superficie orizzontale e liscia, supposte nella teoria. In tal caso il 2 % dell'energia delle radiazioni incidenti viene perduta per riflessione speculare (§ 17); la rimanente parte penetra nell'acqua, ove rimane assorbita o diffusa verso l'esterno.

Non tutta l'energia assorbita è impiegata nell'effettivo aumento della temperatura. Una frazione molto rilevante di essa fornisce il calore richiesto per l'evaporazione dell'acqua; il regime della temperatura viene inoltre influenzato dai moti delle acque, dalla trasmissione termica per conduzione e dagli scambi di energia fra l'acqua e l'ambiente circostante.

La quantità di energia assorbita in ogni singolo strato può essere facilmente valutata colla (23), quando siano note le intensità delle radiazioni incidenti e le costanti ottiche dell'acqua. Il calcolo deve essere fatto distintamente per i singoli gruppi di radiazioni; dalla somma dei valori parziali ottenuti si deduce l'energia totale.

Per le osservazioni fatte, tanto i dati relativi alla radiazione incidente, quanto quelli riguardanti le costanti ottiche dell'acqua sono elementi dipendenti da fattori estremamente variabili col tempo e col sito. Per eseguire una valutazione qualsiasi si è obbligati a riferirsi a condizioni ideali, o a valori medi.

Eseguiremo un calcolo schematico con riferimento a queste condizioni ideali: L'aria sia secca e priva di pulviscolo così che le intensità delle radiazioni abbiano i valori massimi possibili a livello del mare; adottiamo perciò valori conformi a quelli indicati dal Linke nel lavoro citato nel § 9, i quali corrispondono al valore 1.932 cal/cm^2. sec. per la costante solare. I coefficienti ottici

dell'acqua siano quelli indicati nella tabella del § 14, i quali corrispondono al medio valore delle acque di Capri comprese fra la superficie e la quota di m. 200. Per le radiazioni infrarosse, che hanno un elevato potere termico, adottiamo i risultati dell'Aschkinass (§ 11), secondo i quali l'assorbimento di tali radiazioni avviene quasi totalmente nel primo strato superficiale. Per le radiazioni ultraviolette, alle quali corrisponde un debole contributo termico, ammettiamo un assorbimento affine a quello delle radiazioni violette, ma un potere diffusivo alquanto più elevato.

In base a queste ammissioni si trova che il calore assorbito in ogni strato d'acqua, quando il sole è allo zenit e si verificano le condizioni ideali supposte, è dato dai numeri della tabella seguente. Nei calcoli la (23) viene praticamente sostituita colla relazione più semplice

$$T/I_0 = (1 - A)(1 - e^{-\gamma h}) \qquad (23')$$

senza alterare sensibilmente l'approssimazione dei risultati.

ENERGIA ASSORBITA NEGLI STRATI INTERNI DI ACQUE TIPO CAPRI, COL SOLE ALLO ZENIT, ESPRESSA IN MILLESIMI DI cal./cm². min.

Energia	Infra-rosso	Rosso	Arancio giallo	Verde	Verde azzurro	Azzurro	Violetto	Ultra-violetto	Totale radiaz. visibili	Totale
Incidente	863	181	165	160	140	90	45	64	780	1707
Riflessa	17	3.6	3.3	3.2	2.8	1.8	0.9	1.3	16	34
Diffusa	—	0.9	1.6	9.4	13.7	17.6	13.2	24	56	77
assorbita fra m.										
0 e 1	800	41	23	9	7	3	1	1	84	885
1 e 2	30	31	20	8	6	3	1	1	69	100
2 e 5	16	74	43	22	18	9	3	4	169	189
5 e 10	—	17	40	38	23	12	4	5	134	139
10 e 20	—	11	26	28	29	16	6	7	116	123
20 e 35	—	1	6	26	24	14	7	8	78	86
35 e 50	—	—	1	10	9	7	4	6	31	37
50 e 100	—	—	—	6	7	6	4	5	23	28
100 e 200	—	—	—	—	—	1	1	1	2	3
oltre 200	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1

VALORI ASSOLUTI DELLE RADIAZIONI ASSORBITE IN OGNI STRATO DI SPESSORE UN METRO E LORO RAPPORTI COI VALORI DELLE RADIAZIONI INCIDENTI

Posiz. dello strato	Radiazioni visibili		Radiazione totale	
fra metri	Valori assoluti millesimi di cal/cm.² min.	Rapporti %	Valori assoluti millesimi di cal/cm.² min.	Rapporti %
0 e 1	84	10.8	885	51.8
1 e 2	69	8.8	100	5.86
2 e 5	56	7.2	63	3.69
5 e 10	27	3.5	27.8	1.63
10 e 20	11.6	1.5	12.3	0.72
20 e 35	5.2	0.67	5.7	.34
35 e 50	2.1	.26	2.5	.14
50 e 100	0.46	.06	0.56	.03
100 e 200	.02	.03	.03	.002

I dati di queste tabelle precisano la distribuzione dell'energia raggiante solare nell'interno di una massa d'acqua che abbia i caratteri supposti, quando il sole sia allo zenit e la trasparenza dell'atmosfera abbia il massimo valore possibile.

Vi è grande differenza tra i valori assoluti della radiazione totale e quelli delle radiazioni visibili nei primi strati, per il fatto che il contributo termico dei raggi infrarossi è molto elevato e concentrato in uno spessore di pochi metri. In seguito la differenza è assai minore, poichè le radiazioni ultraviolette, oltre ad essere in larga misura diffuse all'esterno, hanno un piccolo equivalente termico. Il riscaldamento degli strati inferiori a 5 metri dipende quasi totalmente dalle sole radiazioni visibili.

I valori relativi delle radiazioni assorbite e incidenti sono invece molto diversi a tutte le quote; le radiazioni visibili hanno un equivalente termico che è circa metà di quello corrispondente a tutto lo spettro.

Il prospetto precedente rende evidente la rapida diminuzione del calore assorbito in strati di eguale spessore, situati a profondità crescenti. Oltre 200 m. il calore direttamente irraggiato dal sole si riduce a quantità estremamente piccole.

§ 25 — **Radiazioni oblique** — Indicando con dW l'energia trasmessa all'unità di superficie orizzontale nell'intervallo di tempo dt, con h d'altezza solare e con C un coefficiente sperimentale dipendente dalla costante solare e dalla variabile distanza del sole nel corso dell'anno, si ha

(26) $$dW = C \sin h \, dt$$

Indicando con δ la latitudine del sole e con φ la latitudine dell'elemento di superficie considerato, si ha inoltre

$$\sin h = \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos\varphi \cos t \tag{27}$$

La (26) viene integrata dopo sostituito a *sin h* il valore dato dalla (27). Il calcolo di W viene agevolato ricorrendo a noti e semplici metodi grafici [1], che risolvono la relazione trigonometrica (27), e con l'uso di un planimetro.

Nella (26) il coefficiente di trasmissione (§ 9) è supposto eguale ad 1; si tratta cioè di caso puramente ideale. Per approssimarsi ai casi reali bisogna tenere conto dei valori effettivi dei coefficienti di trasmissione, i quali sono funzioni della lunghezza d'onda delle singole radiazioni, dell'altezza solare e dello stato di torbidità e di umidità dell'aria (§ 9).

In calcoli schematici si suole adottare, per coefficiente di trasmissione, un valore medio, eguale per tutte le radiazioni, rappresentato da

$$q\,(h) = q^{\frac{1}{\sin h}} \tag{28}$$

Come valore sperimentale di q si adotta spesso $q = 0.6$.

La (26) viene allora sostituita dalla relazione

$$dW = C \sin h\, q^{\frac{1}{\sin h}}\, dt \tag{29}$$

Il calcolo di W, nell'ipotesi che il coefficiente q assuma valori compresi fra *1* e *0.6*, è stato compiuto da A. Angot [2] il quale valutò la quantità di energia termica irraggiata dal sole su ogni cm² di superficie orizzontale, negli intervalli di giorni, mesi, stagioni, e anni, a diverse latitudini.

Le tabelle di Angot non corrispondono ormai alle moderne determinazioni sperimentali; tuttavia serbano valore sufficiente per calcoli di approssimazione limitata, quali sono quelli che ci proponiamo di eseguire. Per il caso nostro è sufficiente anzi riferire la seguente tabella in cui sono date le quantità di calorie ricevute da ogni cm² di superficie, a diverse latitudini, nel corso dell'anno, quando il coefficiente di trasmissione sia $q = 0.6$ e si adotti come unità di misura il numero di calorie ricevute da un cm² di superficie nel corso un giorno equinoziale all'equatore, numero che viene stimato in 916 cal/cm² al giorno (Alt, loc. cit., pag. 441).

---

[1] E. Alt, *Die Physik des Klismas,* Abschnitt C. del trattato dei sig. Dietrich e Kaminer citato nel § 9, pag 435.

[2] A. Angot, *Rech. théor sur la distribution de la chaleur ecc.,* Ann. B. Mét. de France, T. 1, 1883.

Latitudine	I	II	III	V	V	VI	VII	VIII	IX	X	X	XII	Anno
90° N	—	—	—	1.4	6.7	9.9	7.9	2.4	0.1	—	—	—	28.4
80°	1.0	0.0	0.2	2.7	7.5	10.3	8.5	3.8	0.5	0.0	0.0	0.0	33.5
60°	1.1	1.0	3.9	8.2	12.0	13.8	12.6	9.2	4.9	1.5	0.2	0.0	67.4
40°	3.3	5.7	9.4	12.9	15.3	16.2	15.6	13.5	10.2	6.6	3.8	2.7	115.2
20°	9.0	11.2	13.6	15.2	15.8	15.9	15.8	15.3	14.0	11.7	9.4	8.2	155.1
0°	14.0	14.9	15.3	14.6	13.5	12.8	13.1	14.2	15.0	15.0	14.2	13.6	170.2
20° S	16.8	15.9	13.9	11.2	8.8	7.7	8.3	10.5	13.1	15.3	16.6	17.0	155.1
40°	16.6	13.9	9.9	6.0	3.4	2.4	3.0	5.2	8.8	12.8	15.9	17.3	115.2
60°	13.4	9.2	4.4	1.3	0.1	0.0	0.1	0.8	3.4	7.8	12.3	14.6	67.4
80°	8.8	3.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.3	7.4	11.0	33.5
90°	8.3	2.1	0.0	—	—	—	—	—	—	1.0	6.5	10.5	28.4

Se al coefficiente q vengono attribuiti valori maggiori di 0.6 i risultati dell'ultima colonna del prospetto precedente subiscono le variazioni indicate nel quadro seguente (Angot, loc. cit., pag. B 164):

CALORE TOTALE RICEVUTO DURANTE L'ANNO DA OGNI CM² DI SUPERFICIE ORIZZONTALE
(ogni unità rappresenta 916 cal.).

Latitudine	Coefficiente di trasmissione dell'atmosfera				
	1	0.9	0.8	0.7	0.6
0°	350.3	298.4	251.9	209.2	170.2
20°	331.2	279.2	233.6	192.6	155.1
40°	276.8	226.4	184.1	147.2	115.2
60°	199.2	152.9	118.2	90.2	67.4
80°	150.2	105.2	73.6	50.5	33.5

§ 26 — Tenendo conto delle variabili altezze solari nel corso di un giorno, a diverse latitudini, si può valutare la quantità di energia raggiante perduta in un giorno per effetto della riflessione. Il calcolo venne fatto dallo Schmidt, nel lavoro citato, per il caso in cui il sole abbia declinazione nulla e si assuma eguale a 1 il coefficiente di trasmissione.

Lo Schmidt trova che la percentuale di energia perduta per riflessione, in un giorno, rispetto a quella incidente, è 4.56 % all'equatore; 6.83 % a 40° di latitudine ecc.

Se diamo al coefficiente di trasmissione la forma (28), e poniamo $q = 0.6$, si ottengono valori alquanto minori: 3 % all'equatore; circa 5 % a 40° ecc.

In ogni caso si trova che per latitudini fra 0° e 40° l'energia totale perduta per riflessione nel corso di un giorno supera di poco quella (2 %) perduta quando il sole è allo zenit. A maggiori latitudini tale perdita raggiunge valori sempre più elevati e tendenti al limite 100 %.

Le precedenti valutazioni suppongono che la superficie acquea sia perfettamente liscia. In natura tale ipotesi non si avvera; la forma della superficie è alterata da punto a punto, e da istante a istante dai moti ondosi e da continue cause di perturbamento. Gli angoli di incidenza delle radiazioni non variano nel modo semplice supposto; la quantità di energia effettivamente perduta per riflessione viene a sfuggire ad ogni calcolo preciso. I valori dianzi riferiti non possono avere altro significato che quello di rappresentare valori medi più o meno approssimati.

§ 27 — Abbiamo calcolato, nel § 24, i rapporti fra l'energia raggiante solare assorbita nei singoli strati interni e quella incidente, nel caso di radiazioni incidenti verticalmente, quando l'atmosfera sia perfettamente limpida e secca e quindi le intensità delle radiazioni delle diverse zone spettrali abbiano i valori massimi possibili a livello del mare.

Queste ipotesi non trovano mai riscontro in natura. E' facile però riconoscere che le alterazioni dipendenti dalle altezze solari decrescenti, dalla torbidità e dall'umidità atmosferica si risolvono tutte nel senso di accelerare l'estinzione delle radiazioni nell'interno dell'acqua. La distribuzione delle radiazioni assorbite viene cioè deformata in guisa da attenuare, in proporzioni crescenti al crescere della profondità, la quantità di energia che penetra e riscalda gli strati interni.

I valori calcolati nel § 24 per rappresentare le calorie ricevute in ogni strato unitario di acqua, in un minuto, per diretta radiazione solare, nelle condizioni ideali ivi supposte, devono essere considerati come valori limiti. Diminuendo l'altezza solare, o crescendo la torbidità atmosferica, si hanno valori minori; la diminuzione è relativamente maggiore per strati via via più profondi. Una valutazione precisa di queste mutazioni esigerebbe calcoli estremamente complessi, e dovrebbe pur sempre essere fatta con riferimento a condizioni ideali, più o meno prossime alla realtà. Si può fare invece una stima semplice del riscaldamento dovuto alla diretta radiazione solare nel corso dell'anno facendo uso dei valori stessi calcolati per il caso di sole allo zenit e di massima trasparenza dell'aria. I valori che si ottengono hanno il significato di rappresentare *limiti superiori* del riscaldamento; i valori effettivi saranno da ritenersi cioè alquanto minori, specialmente per quote via via più profonde. Uno spostamento generale del calore assorbito, dagli strati profondi a quelli superficiali, è pure esercitato dalla ineguale trasparenza delle acque a profondità diverse (§ 13).

§ 28 — La quantità di energia incidente su ogni cm^2 di superficie, nel corso di un mese, sia quella valutata nelle tabelle di Angot, riferite nel § 25. Da essa sia dedotta l'energia perduta per riflessione (§ 26). La percentuale di energia assorbita nei singoli strati interni sia quella indicata nella seconda tabella del § 24. Le calorie assorbite da ogni cm^3 di acqua, in ogni mese dell'anno, a latitudini di 20° e di 40°, risultano allora espresse dai numeri delle seguenti tabelle nelle quali è supposto $q = 0.6$.

NUMERO DI PICCOLE CALORIE RICEVUTE NEL CORSO DELL'ANNO DA UN cm^3 DI ACQUA PER IRRACCIAMENTO SOLARE

a) *Latitudine di 20°*

fra metri	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
0 e 1	41.3	51.4	62.4	69.8	72.5	72.8	72.5	70.2	64.2	53.6	43.1	37.6	703
1 e 2	4.7	5.8	7.5	7.9	8.2	8.2	8.2	7.9	7.3	6.1	4.9	4.3	80
2 e 5	2.9	3.7	4.4	5.0	5.2	5.2	5.2	5.0	4.6	3.8	3.1	2.7	50
5 e 10	1.3	1.6	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.0	1.7	1.4	1,2	22
10 e 20	0.57	0.71	0.86	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.60	0.5	10
20 e 35	.27	.34	.41	0.46	.48	.48	.48	.46	.42	.35	.28	.25	5
35 e 50	.11	.14	.17	.19	.20	.20	.20	.19	.17	.15	.12	.10	2
50 e 100	.024	.030	.036	.040	.042	.042	.042	.040	.037	.031	.025	.022	0.4
100 e 200	.002	.002	.002	.003	.003	.003	.003	.003	.002	.002	.002	.001	0.03

b) *Latitudine di 40°*

fra metri	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
0 e 1	14.8	25.7	42.5	58.2	69.0	73.0	70.3	60.8	46.0	29.8	17.1	12.1	520
1 e 2	1.7	2.9	4 8	6.6	7.8	8.3	8.0	6.9	5.2	3.4	1.9	1.4	59
2 e 5	1.1	1.8	3.0	4.1	4.9	5.2	5.0	4.3	3.3	2.1	1.2	0.9	37
5 e 10	0.5	0.8	1.3	1.8	2.2	2.3	2.2	1.9	1.4	0.9	0.6	0.4	16
10 e 20	.21	.36	0.59	0.81	0.96	1.02	1.0	0.85	0.64	0.41	.24	.17	7
20 e 35	.19	.17	.28	.38	.45	0.48	0.46	.40	.30	.20	.11	.08	3.4
35 e 50	.04	.07	.11	.16	.19	.20	.19	.16	.12	.08	.05	.03	1.4
50 e 100	.009	.015	.025	.034	.040	.042	.041	.035	.027	.017	.010	.007	0.3
100 e 200	.001	.001	.002	.002	.003	.003	.003	.002	.002	.001	.001	.001	0.02

Quando il coefficiente di trasmissione fosse compreso fra 0.6 e 1, i dati delle ultime colonne dei precedenti prospetti dovrebbero essere variati secondo i rapporti indicati nell'ultima tabella del § 28. Si ottengono in definitiva i valori del seguente prospetto:

CALORIE RICEVUTE PER DIRETTO IRRAGGIAMENTO DA OGNI cm^3 DI ACQUA NEL CORSO DI UN ANNO

	COEFFICIENTI DI TRASMISSIONE									
	0.6		0.7		0.8		0.9		1	
Latitudine	20°	40°	20°	40°	20°	40°	20°	40°	20°	40°
fra metri										
0 e 1	703	520	868	650	1036	827	1253	1012	1487	1230
1 e 2	80	59	98	75	118	93	142	114	169	140
2 e 5	50	37	52	47	74	58	89	72	106	88
5 e 10	22	16	27	20	33	26	40	31	47	37
10 e 20	10	7	12	9	15	11	18	14	21	17
20 e 35	5	3	6	4	7	5	9	7	11	8
35 e 50	2	1.4	2.5	1.8	3	2.2	3.6	2.8	4.3	3.4
50 e 100	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5	0.7	0.6	0.9	0.7
100 e 200	.03	.02	.04	.03	.05	.03	.05	.04	.06	.05

§ 29 — I risultati di queste tabelle furono ottenuti con semplificazioni e ipotesi che corrispondono solo ai valori medi delle mutevolissime condizioni dei casi reali. Utilizzeremo tali dati tenendo conto solo del loro ordine di grandezza, e ricorderemo che valgono solo per acque marine molto trasparenti, tipo Capri, e per coefficienti ottici uniformi ed eguali al valore medio fra 0 e 200 m. Le osservazioni fatte nei paragrafi precedenti portano ad ammettere che negli strati prossimi alla superficie, ove la torbidità e l'assorbimento sono massimi, si avranno in pratica valori che possono essere alquanto maggiori di quelli ora valutati; ma negli strati inferiori si avranno normalmente valori minori (1).

Il calore assorbito nel primo strato superficiale è in massima parte impiegato nell'evaporazione dell'acqua. I rimescolamenti che avvengono per azioni atmosferiche, o per moti convettivi durante il raffreddamento diurno e

(1) Per giudicare quale portata abbiano i dati qui calcolati, nel campo pratico, basta citare queste frasi del Krümmel (I vol., pag. 392) « Auch die Zufuhr der mit den Lichtstrahlen der Sonne vermittelten Wärme nach der verschiedenen Tiefen hin ist noch nicht in Mass und Zahl auszudrüken..... Ebenso wird auch ein Unterschied der diffusen (reflektierten) Strahlung hervortreten - alle Probleme, die noch völlig Lösung harren ».

annuo, o per correnti di marea o di altra origine, determinano alterazioni nella distribuzione termica, che non possono essere valutate in modo generale; esse prevalgono talora in modo assoluto sulle influenze dell'irraggiamento solare e della conduzione termica. Per interpretare i dati calcolati dobbiamo riferirci ad acque stazionarie, o aventi solo deboli scorrimenti orizzontali, che non alterino il regime termico generale. In tali acque è noto che un solo strato limitato fra la superficie e una certa quota, variabile da sito a sito, partecipa al ciclo annuo delle fluttuazioni termiche. Designeremo tale strato colla locuzione di *strato a temperatura variabile*.

Nelle immediate adiacenze superficiali una parte di tale strato partecipa anche alle piccole fluttuazioni diurne della temperatura; ma in natura le fluttuazioni diurne interessano solo le acque prossime alla superficie, che sono facilmente rimescolate fra loro, così che il fenomeno dell'oscillazione diurna viene mascherato o perturbato in guisa da essere difficilmente riconoscibile (1).

Sotto lo strato a temperatura variabile tutta la massa d'acqua ha una distribuzione termica permanentemente stazionaria, o soggetta solo a deboli e lente variazioni, indipendenti dal ciclo annuo; la temperatura è decrescente generalmente verso il basso, negli oceani; è uniforme, in alcuni mari mediterranei e nei laghi dei climi temperati.

L'esistenza di una quasi assoluta stazionarietà nella temperatura porta ad ammettere che le piccolissime quantità di calore che le radiazioni azzurro-violette, penetranti a quote profonde, recano a queste acque, siano compensate da perdite, dovute probabilmente a lenti spostamenti delle acque abissali. Se queste perdite non avvenissero si dovrebbe avere un secolare aumento delle temperature di tali acque.

Per interpretare i valori calcolati per l'irraggiamento solare riferiamoci al caso in cui lo strato a temperature variabili è in condizioni di omotermia. Ciò avviene prossimamente nell'intervallo tra febbraio e marzo di ogni anno, nei nostri climi. Il calore ricevuto per irraggiamento comincia allora a superare le perdite verso l'ambiente esterno e si manifesta un aumento iniziale nella temperatura, simultaneo in tutta la massa dell'acqua, per quanto rapidamente decrescente verso il basso. I moti discendenti delle acque raffreddate in superficie vengono allora limitati allo strato superficiale, che partecipa alle fluttuazioni diurne. I fenomeni di conduzione interna contribuiscono alla propagazione del calore; nelle salse acque marine vi contribuisce pure la discesa di acque rese più salse per l'evaporazione superficiale. Si deve notare tuttavia che presso la superficie le acque, rimescolandosi, assumono temperature prossime tra loro, così che il gradiente risulta diverso da quello che si avrebbe per azione combinata dell'irraggiamento e della conduzione. Solo dove le acque cominciano ad essere stazionarie il gradiente prende valori normali.

---

(1) Nel trattato del Krümmel viene ricordato (I vol., pag. 390-91) senza obiezioni, il risultato strabiliante che il Luksch deduce da osservazioni fatte in mar Rosso, secondo le quali sarebbe stata constatata la variazione termica diurna a profondità di 100 metri. Se si osserva che a questa quota è molto limitata la stessa oscillazione annua, è evidente che le fluttuazioni osservate dal Luksch dipendono esclusivamente da altre cause, forse da correnti, ma nessuna relazione possono avere colle escursioni diurne.

L'osservazione conferma l'esistenza di uno strato di rapida variazione del gradiente, noto col nome di *strato di salto;* esso è prossimo alla superficie in primavera ed in estate; in autunno, quando i moti discendenti delle acque fredde superficiali investono quote via via più profonde, anche lo strato di salto subisce un corrispondente abbassamento.

La fase del raffreddamento avviene in forma completamente diversa da quella del riscaldamento. Il fattore dominante, durante la discesa termica, è rappresentato dai moti discendenti convettivi delle acque fredde; allora l'irraggiamento opera solo nel senso di rallentare la discesa termica, mentre la conduzione accelera la formazione dello strato isotermico che rappresenta la condizione di equilibrio conseguente ai moti convettivi.

Sotto questo strato superficiale omotermo la temperatura è distribuita in modo decrescente verso il basso, e continua a salire per azione dell'irraggiamento e della conduzione. Mentre le curve termiche degli strati prossimi alla superficie sono in piena discesa, nelle acque sottostanti alla zona dei moti convettivi continua così la fase della salita. Il massimo termico è raggiunto, da ogni curva, in tempi successivi, spostati verso l'inverno tanto più quanto più profonda è la quota che si considera. Si trova così che solo fra novembre e gennaio gli strati fra 30 e 100 m. raggiungono i massimi termici. Tutto il calore irraggiato da marzo a queste epoche va quindi sommato per valutare il contributo termico totale dovuto all'irraggiamento.

Le curve termiche relative agli strati prossimi alla superficie sono prossimamente sinusoidali. A distanza crescente dalla superficie si accentua una graduale dissimmetria delle curve, la quale è tanto più evidente quanto maggiore è la profondità. Il ramo ascendente di ognuna di esse parte dall'epoca dell'omotermia (febbraio-marzo) e si estende con andamento quasi rettilineo sino al momento del massimo, cioè sino ad intervalli variabili tra agosto e gennaio, a seconda della quota; raggiunto il massimo, la curva inizia la discesa per azione dei moti convettivi delle acque fredde discendenti; e la discesa è rapida e limitata a un periodo di tempo più breve di quello della salita; questo periodo si riduce a valori minimi nelle acque inferiori dello strato a temperature variabili.

Tutte le curve termiche raggiungono il minimo valore quasi simultaneamente, nell'epoca dell'omotermia invernale (1).

§ 30 — **Conduzione termica** — Abbiamo costantemente posto i fenomeni di conduzione termica interna tra le cause di riscaldamento dell'acqua. Sarà opportuno precisare meglio la portata che si deve attribuire a questi fenomeni;

---

(1) Queste osservazioni pongono in rilievo le cause delle discordanze fra le stagioni atmosferiche e quelle subacquee. I fenomeni descritti sono sperimentalmente bene determinati nei laghi. Nei nostri grandi laghi le curve termiche hanno esattamente l'andamento ora rilevato; si presentano tuttavia fluttuazioni secondarie, non ancora del tutto chiarite, derivanti forse da afflussi discontinui di acque fredde negli strati interni. Si vedano, ad esempio, i dati e i grafici riferiti nei lavori seguenti: Rina Monti, *La limnologia del Lario,* pag. 20-28, Min. Econ. Naz., Roma, 1924 - F. Vercelli, *Relaz. e ricerche sulle oss. di temp. nel lago di Como,* Mem. R. Istit. Lomb. di Sc. e Lett., vol. XXI, 1911.

rinviamo invece ai lavori del De Marchi (Mem. VI del R. Com. Talass. It.) e al trattato del Krümmel per lo studio delle azioni convettive.

L'influenza della conduzione termica nell'acqua (qualora questa sia riscaldata dall'alto al basso, così da evitare i moti convettivi, come approssimativamente avviene durante la fase del riscaldamento dei mari e dei laghi a partire da una certa profondità) fu talora considerata con analogia al fenomeno del riscaldamento di un suolo piano, inizialmente a temperatura uniforme, e riscaldato in seguito in superficie con una data legge. E' facile però verificare che se talune conclusioni a cui si è pervenuti con tale ammissione sono accettabili , i fenomeni di conduzione termica nell'acqua dei mari e dei laghi, anche nei casi ristretti ora indicati, non sono corrispondenti a quelli che si hanno in un suolo piano.

Il flusso di calore dovuto all'irraggiamento determina un incremento termico simultaneo in tutta la massa d'acqua; nell'interno di essa ogni strato diventa origine di onde termiche di conduzione propagantisi verso gli strati sottostanti più freddi. Alla sola onda considerata nel problema classico del riscaldamento periodico superficiale, propagantesi per conduzione come in un suolo piano, si aggiungono le onde originate dai singoli strati interni; inoltre ognuna di tali onde ha un comportamento diverso da quella unica di un suolo piano, per lo stato mutevole delle temperature interne in dipendenza dall'irraggiamento.

Analiticamente il problema si presenta in questa forma:

Nella teoria classica di Fourier ha fondamentale importanza la relazione

$$Q = - k \frac{d T}{d n}$$

ove Q rappresenta il flusso di calore nella direzione n; k e T rappresentano rispettivamente il coefficiente di conduzione interna e la temperatura. Nel caso di acqua esposta all'azione dei raggi solari, al flusso di calore dovuto alla conduzione, si aggiunge il flusso, molto maggiore, dovuto alla diretta radiazione; questo, entro certi limiti, è indipendente dalla temperatura T, ma è funzione, come T, della posizione del punto che si considera e del tempo. Nel secondo membro della relazione precedente si dovrebbe quindi aggiungere questa funzione, che può essere valutata con qualche approssimazione, tenendo conto del calore assorbito in ogni strato interno dell'acqua, durante la sua fase di riscaldamento. Con tale aggiunta vengono completamente mutate le equazioni differenziali che stanno a base della teoria di Fourier

Lo sviluppo analitico del problema troverebbe però corrispondenza nel caso reale solo durante la fase del riscaldamento annuo dell'acqua; nella fase dei moti discendenti delle acque fredde, fra l'estate e l'inverno, l'andamento dei fenomeni di conduzione viene ad essere profondamente alterato e mascherato dall'influenza dei moti convettivi.

L'effetto globale dei fenomeni di conduzione interna, nel riscaldamento dell'acqua, può però essere valutato in modo indiretto.

Supponiamo che l'osservazione abbia precisato le ampiezze delle oscillazioni termiche annue, a varie profondità, nell'interno di una massa d'acqua. Tali ampiezze sono note infatti per molti bacini, specialmente lacustri. Se vengono inoltre determinati i coefficienti ottici dell'acqua e il coefficiente di trasmissone q dell'atmosfera, mediante calcoli analoghi a quelli che condussero

alla formulazione delle tabelle date nel § 27 si giunge a valutare il calore che ogni strato interno riceve per diretta radiazione solare. Si sommino le calorie ricevute da ogni cm^3 di acqua durante la fase del riscaldamento annuo; i valori risultanti rappresentano molto prossimamente l'ampiezza della oscillazione termica annua derivante dal solo irraggiamento.

Le differenze tra le escursioni annue osservate, e quelle valutate per l'irraggiamento diretto, dànno le ampiezze delle escursioni imputabili ai fenomeni di conduzione interna, in quegli strati ove i moti convettivi e i rimescolamenti delle acque possono essere ritenuti trascurabili.

Si può facilmente prevedere che i valori così ottenuti saranno molto piccoli a confronto delle oscillazioni derivanti dal diretto assorbimento dei raggi solari. Riteniamo tuttavia che questi valori siano sensibili e apprezzabili. Il Krümmel attribuisce influenza assai piccola alla conduzione [1], basandosi sulle valutazioni del Wegemann. Queste valutazioni sono attendibili e facilmente controllabili; ma esse riguardano il caso ideale di calore il quale si propaghi dalla superficie verso l'interno, come in un suolo piano. Ora nelle acque dei laghi e dei mari il fenomeno è ben più complesso, come abbiamo precisato, e la teoria classica del Fourier non è più applicabile. L'estensione di valutazioni, basate su questa teoria, ai complessi fenomeni di conduzione che si hanno nelle acque liberamente esposte all'azione dei raggi solari, non è dunque corretta.

---

[1] « Hieraus geht hervor dass mann die Leitung der Wärme von der Oberfläche nach der Tiefe bei der Untersuchung der täglichen und auch der jährlichen Periode völlig vernachlässigen darf und dass sie erst für geologische Zeiträume, wo es sich um Millionen Jahren handelt, in Betracht kommen könnte », Krümmel, loc. cit., vol. I, pag. 391.

CAPITOLO V

Trasparenza dell'acqua

§ 31 — Nelle indagini oceanografiche la trasparenza dell'acqua viene usualmente valutata osservando la profondità massima ove cessa la visione distinta di larghi dischi bianchi o colorati immersi a quote via via crescenti. Il criterio di figurare la trasparenza indicando la quota massima a cui sono visibili oggetti immersi deriva da una pratica usata in ogni tempo dalla gente di mare. Solo dopo gli esperimenti numerosi fatti nel secolo scorso, e segnatamente dopo quelli compiuti dal P. Secchi a bordo della pirocorvetta pontificia « *Immacolata Concezione* » nel 1865, pubblicati poi dal Cialdi, si giunse a una certa uniformità di metodo nell'impiego dei dischi per misure di trasparenza; tali dischi, larghi usualmente da 50 cm. a 1 m., sono tuttora molto usati e designati col nome di « dischi Secchi».

La profondità della visione, in una stessa acqua, e per uno stesso osservatore, varia col colore e colle dimensioni dei dischi; si hanno valori massimi se i dischi sono bianchi e larghi; la visione è ridotta a quote minori se sono colorati in giallo o rosso, o di piccolo diametro. Impiegando uno stesso disco, in acque diverse, o anche nello stesso sito in tempi diversi, si notano differenze grandissime nella profondità della visione. Dalla profondità massima, rilevata dal Krümmel nel mare dei Sargassi nel 1889, circa 66 m., si giunge a limiti di pochi metri nelle acque verdastre, e anche di pochi decimetri nelle torbide acque portuali. Questi numeri, se rilevati con dischi analoghi, vengono usati per graduare i valori relativi della trasparenza dell'acqua. Volendo meglio precisare il significato fisico dei numeri ottenuti si incontrano però rilevanti difficoltà. Il fenomeno della visione distinta di oggetti immersi dipende da due ordini di fattori, fisici e fisiologici. I primi sono rappresentati dalle proprietà intrinseche delle acque, dalla luce incidente dall'esterno e dalle caratteristiche del disco osservato. I secondi possono essere messi in rilievo con riferimento alle leggi dell'ottica fisiologica, tra le quali, nel caso nostro, sembrano avere maggiore importanza le seguenti:

1° *Legge di Weber:* L'occhio distingue le luminosità di due oggetti solo quando il rapporto fra tali luminosità superi un certo limite.

Nel caso nostro, indicando con I_s e I_a le intensità luminose apparenti del disco e dell'acqua circostante, si avrebbe la visione distinta del disco solo quando il rapporto

$$W = (I_s - I_a)/I_a$$

superi un valore minimo, stimato da Helmholtz 1/150.

2° *Legge Fechner - Helmholtz*: Con luminosità assoluta crescente, anche la luminosità relativa di due oggetti appare in modo crescente, sino a un certo limite oltre il quale tale luminosità relativa prende a diminuire.

3° *Legge di Aubert:* La differenza di luminosità è funzione anche della grandezza dell'immagine reticolare e quindi delle dimensioni degli oggetti e degli angoli sotto i quali essi sono guardati.

4° *Fenomeno di Purkinje:* L'occhio è più sensibile a una debole luce verde e azzurra che non a luce gialla o rossa di pari intensità. Se questi colori hanno inizialmente eguale intensità e vengono in seguito attenuati in modo uniforme, il verde e l'azzurro sembrano più brillanti del giallo e del rosso.

§ 32 — Nel trattato di oceanografia del Krümmel è fatta un'ampia discussione sul significato che i numeri esprimenti la profondità massima della visione di un disco possono avere, ove si tenga conto di alcuni tra i fattori accennati e si osservi che tali numeri esprimono metà del cammino percorso da luce incidente verticalmente nel tragitto dalla superficie al disco e dal disco all'occhio dell'osservatore. Viene facilmente escluso che la lunghezza del tragitto ora accennato possa essere identificata collo spessore a cui corrisponderebbe l'estinzione della luce, poichè tutte le ricerche fisiche dimostrano che questo spessore ha valori enormemente più elevati. Il Krümmel propende ad attribuire speciale importanza alla legge di Weber: la scomparsa del disco deriverebbe da diminuzione del rapporto fra la luminosità del disco e quella dell'acqua circostante. Il fenomeno appare tuttavia troppo complesso perchè i numeri ottenuti mediante impiego del disco Secchi abbiano un significato semplice; ed il Krümmel, come conclusione, si limita a dire che tali numeri rappresentano semplicemente « un comodo mezzo per figurare i valori relativi della trasparenza in acque diverse » (pag. 256).

La teoria che abbiamo dato sulla propagazione delle radiazioni nell'acqua consente di meglio chiarire alcuni aspetti di questo problema.

Sia h la quota a cui il disco è immerso. Indichiamo con μ_s e μ_a l'albedo del disco e quella dell'acqua a tale quota. Sarà normalmente $\mu_s > \mu_a$. Siano δ_a e δ_s i corrispondenti valori della costante ausiliaria δ; sarà pure normalmente $\delta_s < \delta_a$ per la (9). Siano J_s e J_a le intensità, per unità di superficie, delle radiazioni omogenee, le quali, dopo attraversato verticalmente lo strato h, sono diffuse in alto dal disco e dall'acqua verso l'osservatore.

Le radiazioni J_s e J_a riflesse dal disco e dall'acqua alla quota h sono date dalla (12), in cui si ponga $z = h$ e si sostituisca a δ rispettivamente δ_s per il disco e δ_a per l'acqua. Queste radiazioni si propagano verso la superficie, ove assumono intensità I_s e I_a date dalla (13) nella quale si sostituiscano a

I_o le intensità J_s e J_a ; il valore di δ della (13) si riferisce in questo caso all'albedo μ verso il basso dello strato atmosferico adiacente alla superficie dell'acqua. In definitiva si hanno i valori seguenti:

(30) $I_s = I_o (1 - \theta) (\varepsilon^{-1} - \varepsilon \theta_s) e^{-2\gamma h}/(1 - \theta_s e^{-2\gamma h}) (1 - \theta e^{-2\gamma h})$

(31) $I_a = I_o (1 - \theta) (\varepsilon^{-1} - \varepsilon \theta_a) e^{-2\gamma h}/(1 - \theta_a e^{-2\gamma h}) (1 - \theta e^{-2\gamma h})$

Da cui si deduce, tenendo presente la (9),

(32)
$$W = (I_s - I_a)/I_a = [(\mu_s - \mu_a)/\mu_a] \cdot [1/(1 - \varepsilon^{-1} \mu_s)] \cdot [(1 - \varepsilon^{-2} e^{-2\gamma h})/(1 - \theta_s e^{-2\gamma h})].$$

Se fosse $\mu_s = 0$, sarebbe $\theta_s = \varepsilon^{-2}$, $W = -1$; il rapporto W sarebbe cioè costante, indipendentemente dalla quota h di immersione del disco.

Se $\mu_s = \mu_a$, $W = 0$; il disco non sarebbe veduto distinto dall'acqua.

Per valori di μ_s intermedi fra 0 e μ_a si avrebbero per il rapporto W valori intermedi fra -1 e 0.

Quando sia $\mu_s > \mu_a$ il valore del rapporto W cresce con μ_s, a pari valori di h, sino ad un limite superiore che si ha per $\mu_s = 1$ (limite superiore di μ_s).

Esaminiamo la variazione del rapporto W al variare di h. Escluso il caso $\mu_s = 0$, nel quale W vale costantemente -1, in ogni altro caso per $\mu_s > 0$ si ha $\theta_s < \varepsilon^{-2}$. L'unico fattore che nella (32) sia funzione di h, cioè

$$(1 - \varepsilon^{-2} e^{-2\gamma h})/(1 - \theta_s e^{-2\gamma h}) \gtrless 1,$$

è funzione crescente di h; il limite inferiore è $(1 - \varepsilon^{-2})/(1 - \theta_s)$, per $h = 0$; il limite superiore è $+1$ per h indefinitamente crescente.

A pari valori di μ_s, μ_a il valore assoluto di W è dunque funzione crescente di h; tenendo presente la (9) si trova che $|W|$ ha per limite inferiore $|\mu_s - \mu_a|/\mu_a$ quando h tenda a zero; e per limite superiore

$$[|\mu_s - \mu_a|/\mu_a] \cdot [1/(1 - \varepsilon^{-1} \mu_s)]$$

quando h tenda ad infinito.

§ 33 — Il rapporto W, per un dato disco, e a parità di altre condizioni, ha dunque un valore costante, o valori crescenti al crescere della profondità di immersione; se il disco cessa di essere visto a una certa quota, ciò avviene quindi per ragioni indipendenti dai valori che può assumere il rapporto W considerato nella legge di Weber. L'opinione opposta, affacciata dal Krümmel, è dunque insussistente.

La spiegazione del fenomeno pare debba essere cercata unicamente nella legge del Fechner: la visione del disco cessa quanto il valore assoluto della luminosità apparente di esso scende al disotto di un certo limite. E siccome i valori di tale luminosità, sempre a parità di altre condizioni, dipendono dai coefficienti di estinzione dell'acqua, i numeri ottenuti coll'impiego di un dato disco vengono a dipendere direttamente dal grado di trasparenza dell'acqua. Mutando colore e dimensioni del disco si hanno valori che devono essere interpretati tenendo conto non solo della legge di Fechner ma anche del fenomeno di Purkinje e della legge di Aubert.

In conclusione l'impiego del disco Secchi conduce a risultati numerici i quali non soltanto sono di comodo uso, come dice il Krümmel, ma hanno

una dipendenza diretta, più di quanto sinora fosse supposto, dalle caratteristiche ottiche dell'acqua. *Quando l'albedo del disco sia prossimamente eguale ad uno, la profondità massima a cui il disco è visibile corrisponde a metà del cammino luminoso che estingue la luce al disotto di un certo limite, oltre il quale l'occhio non distingue differenze di luminosità, qualunque siano i valori relativi delle luminosità stesse.*

Se l'albedo è minore di uno, all'azione estinguente dell'acqua si deve aggiungere quella derivante dal limitato potere riflettente del disco.

§ 34 — Le determinazioni sperimentali, ove riguardino radiazioni monocromatiche, debbono essere fatte o con sorgenti artificiali da luce monocromatica, ovvero, operando alla luce solare, mediante impiego di dischi aventi un potere riflettente selettivo per un ristretto gruppo di radiazioni. L'impiego di dischi bianchi conduce a valutare l'effetto globale delle radiazioni visibili. Nel mar Rosso venne unicamente adoperato un disco avente 50 cm. di diametro, laccato in bianco, nel quale erano praticate quattro aperture circolari, disposte a croce, per facilitare il contrasto fra la luminosità apparente del disco e dell'acqua circostante. Si è notato che la profondità massima della visione del disco coincideva presso a poco con quella della visione di altri apparecchi a superficie nichelata, per esempio delle bottiglie, usate per il prelevamento di campioni d'acqua, e dei correntometri, impiegati per misure dinamiche. I risultati ottenuti riuscirono inoltre pienamente affini a quelli rilevati dal Luksch durante la campagna della nave « Pola ». Nella tabella del § 37 sono riassunte alcune osservazioni. Da esse si rileva che la trasparenza, valutata e intesa nel senso dianzi definito, è estremamente piccola nel mar Rosso meridionale, ove oscilla fra un massimo di circa 16 m. a Bab-el-Mandeb e a Mokha, e valori di circa 6 m. nelle acque delle Dahalak. La trasparenza cresce nel mare centrale e settentrionale, in corrispondenza delle maggiori fosse. Al largo di Port Sudan il disco fu veduto sino a profondità di 44 m.

Queste differenze fra la trasparenza delle acque a Sud e a Nord del mar Rosso sono in pieno accordo colle analoghe differenze che abbiamo già riscontrate nella penetrazione delle radiazioni mediante impiego di lastre fotografiche.

Il metodo fotografico dà però risultati di valore molto più elevato e di più semplice interpretazione; non riteniamo quindi giustificato il parere espresso dal Thoulet (loc. cit., pag. 153) che « il disco renda migliori servizi che non gli strumenti di estrema precisione ».

CAPITOLO VI

Il colore del mare

§ 35 — Le questioni riguardanti il colore del mare sono state oggetto di numerose ricerche teoriche e di accurate osservazioni. Poco vogliamo qui aggiungere alle notizie e alle discussioni fatte sull'argomento.

Escludiamo anzitutto i casi di acque molto torbide per presenza di materiali sospesi, siano essi inorganici o planctonici. Questi materiali esercitano azione prevalente nel determinare il colore, sia perchè sono dotati comunemente di colore proprio, sia perchè modificano in modo essenziale il comportamento ottico delle acque. Limitiamoci al caso in cui le particelle sospese siano molto sottili, distribuite in quantità non eccessiva, così da conservare all'acqua la colorazione apparente azzurra o verdastra. Queste sono le colorazioni con cui si presentano comunemente le grandi masse d'acqua della natura; le trattazioni antiche e recenti sul colore del mare hanno per oggetto di spiegare le cause di questi colori. Oggi viene escluso da tutti che il colore azzurro del mare sia un semplice riflesso dell'azzurro del cielo; se il colore del mare viene osservato, come si usa, immergendo in acqua uno specchio inclinato di 45° sull'orizzonte, così da escludere la riflessione speculare della luce solare (§ 7) e da riflettere verticalmente verso l'osservatore la luce diffusa che arriva orizzontalmente sullo specchio, cessa quasi del tutto l'influenza del cielo; il colore risulta indipendente dalla serenità o dagli annuvolamenti eventuali. Le trattazioni matematiche del fenomeno, segnatamente quella molto esauriente data dal Gans nel recentissimo lavoro citato, dimostrano che l'azzurro apparente del mare è fenomeno di assorbimento selettivo e di diffusione parimenti selettiva delle radiazioni; se tutte le radiazioni fossero diffuse in eguale misura, l'acqua apparirebbe bianca; invece le radiazioni più lunghe sono fortemente assorbite nell'acqua e diffuse in misura estremamente piccola; quelle più brevi sono meno assorbite, e diffuse invece all'esterno secondo rapporti crescenti al diminuire della lunghezza d'onda (§ 2); la composizione della luce diffusa risulta quindi tale da dare un colore di prevalente tonalità verde o azzurra, conforme alle proporzioni delle radiazioni componenti

§ 36 — La teoria svolta in questo lavoro permette di valutare esattamente i valori relativi delle radiazioni costituenti la luce diffusa in alto. Ad esempio, per le acque di Capri tali valori coincidono con quelli di A nella tabella del § 15; ed è evidente che essendo in assoluta prevalenza le radiazioni azzurre-violette, e quasi trascurabili le percentuali di radiazioni aranciate-gialle, il colore di tali acque debba risultare di un azzurro intenso.

La teoria stessa permette di valutare le radiazioni componenti della luce penetrante o diffusa in un punto interno qualunque della massa d'acqua. Siccome l'assorbimento decresce fortemente dal rosso verso il violetto, è prevedibile che un osservatore il quale dall'interno dell'acqua guardi la luce discendente dalla superficie debba vedere la luce solare di un colore che si scosta dal bianco e assume tinte volgenti gradualmente verso la parte azzurra-violetta dello spettro al crescere della profondità. Analogamente la luce diffusa in alto, a una quota qualunque, risulta spostata verso il violetto in proporzioni crescenti colla quota del punto di osservazione.

Quando la torbidità dell'acqua aumenta, e sopratutto quando le dimensioni delle particelle sospese sono rilevanti rispetto alle lunghezze d'onda, la legge di Rayleigh (§ 2) non è più valida; i rapporti fra le intensità delle radiazioni diffuse, valutati in base a tale legge, od altre analoghe, più non sussistono, ma devono essere sostituiti da altri che corrispondono a un minore accrescimento fra il rosso e il violetto [1]; questo spiega come il colore di tali acque si scosti così profondamente dal colore normale delle acque limpide.

§ 37 — Le osservazioni sul colore del mare vengono fatte con riferimento a scale arbitrarie, che riproducono con approssimazione le usuali colorazioni che si incontrano in mare, ove non siasi di fronte ad acque torbide o dense di materiali organici colorati.

Riferiamo le osservazioni fatte in mar Rosso con riferimento alla scala Forel, usata con sfondo bianco sotto i tubi colorati, e confrontando i colori di questi con quelli apparenti nell'acqua per riflessione su specchio inclinato di 45°, come dianzi fu indicato.

[1] O. D. Chwolson, *Traité de physique,* Tome II, Chap. XII, § 6.

ALCUNI DATI SUL COLORE DELLE ACQUE NEL MAR ROSSO

(Scala Forel)

Sito	Stazione	Data	Profond.	Stato del mare	Colore	Disco Secchi
Golfo di Suez	35	17-X	34	mosso	10	
»	37	»	54	»	15	—
»	43	20-X	54	calmo	15-20	
sud stretto Giubal	46	21-X	800	calmo	4-5	fra m. 25 e 45
Koseir	47	28-X	18	»	5	
largo di Port Sudan	53	29-X	2200	»	5	
» » Gidda	151	17-V	1750	»	2-3	
» Is. Brothers	155	23-V	1040	»	2	
sud penis. Sinai	157	25-V	900	»	2	
Umm-es- Sahrig	59	13-XI	14. 5	mosso	50	fra m. 6 e 21
Adiuz	63	17-XI	10	»	50	
»	65	20-XI	12	»	27	
Sail-Amber	66	22-XI	75	agit.	30	
Aucan	67	23-XI	19	»	40	
»	68	24-XI	55	»	20	
Zebayir	90	26-XII	36	mosso	9	
Ras Shakhs	93	29-XII	43	agit.	40	
Rakhmat	96	4-I	11	»	45	
Gebel Zucur	97	6-I	23	mosso	15	
Harmil	100	21-I	41	molto agit.	—	
Dahalak Kebir	117	26-II	164	mosso	6	
S E di Perim	75	14-XII	350	mosso	8	fra m. 10 e 24
S W »	76	» »	440	»	12	
Ras Dumeira	82	15-XII	51	»	7	
Bab-el-Mandeb	83	19-XII	48	»	—	
Mokha	84	20-XII	42	»	10	
Scogli Scilla	87	22-XII	42	»	25	
Bab-el-Mandeb	120	24-III	171	agit.	6-8	
»	»	31-III	»	calmo	6	
»	»	»	»	»	5	
Est di Zeila	121	4-IV	480	calmo	3	m. 24
S E di Aden	140	4-V	1347	»	2	

§ 38 — I dati di questo prospetto si inquadrano bene con quelli più estesi rilevati dal Luksch nella campagna della « Pola ». La carta riassuntiva data dal Luksch, nel lavoro citato, vale anche per rappresentare i dati da noi rilevati sul colore delle acque nel mar Rosso. Solo per il golfo di Suez abbiamo

avuto colori di un grado alquanto più elevato, probabilmente per i minori fondali dei siti di osservazione. Il colore effettivo del mare non sempre si identifica con qualcuno tra quelli della scala Forel; vi sono tonalità nel mare che non trovano esatto riscontro nella scala; per tale ragione il grado della scala Forel indica solo il colore della scala che più si approssima al colore reale. Le profondità di visione del disco nelle nostre misure risultano lievemente maggiori, in qualche zona, di quelle rilevate dal Luksch; le massime profondità (44 m.) furono osservate in corrispondenza delle fosse al largo di Gidda e di Port Sudan.

Nella tabella precedente vengono raggruppate le aree che presentano analogie di colore. Si vede che dal golfo di Suez, con acque decisamente verdastre (gradi 10-20), si passa, subito dopo lo stretto di Giubal, alla grande zona che si protende sino agli arcipelaghi Dahalak-Farisan, nella quale il colore ha tinta nettamente azzurra, con gradi da 1 a 2 nella fascia centrale, e tinte più verdastre verso le adiacenze costiere; nella grande distesa del mare meridionale le acque hanno tinta verde-giallastra, con gradi da 20 a 50 nei bassifondi corallini, e tonalità più verdastre nella fascia centrale delle acque più profonde. Queste tonalità si trovano pure a Bab-el-Mandeb, ma si passa poi a tinta gradualmente più azzurra nel mare Arabico, a distanza della costa; fra Zeila e Aden si osservano colori fra i gradi 2 e 3.

I dati limitati che possediamo non sono sufficienti per investigare le relazioni di dipendenza tra colore, trasparenza, altezza solare, stato del mare ecc. Ci limitiamo ad osservare che le acque presentano, in generale, trasparenza maggiore, sia essa valutata col disco Secchi, ovvero con metodo fotografico, quanto più il colore volge dalle tinte verdi-giallastre verso tonalità decisamente azzurre. Questa constatazione rappresenta un fatto comune in tutti i mari, per quanto debba essere intesa in senso puramente indicativo. Quando infatti si è cercato, con minute analisi, di verificare se esista una relazione ben definita e univoca tra colore e limpidezza, ovvero se dal colore superficiale delle acque sia possibile trarre induzioni sui rapporti quantitativi delle diverse radiazioni nell'interno dell'acqua, il risultato è stato negativo (Grein, loc. cit., pag. 20).

Le fortissime variazioni che le acque del mar Rosso presentano nel colore e nella limpidezza non dipendono, in modo apprezzabile, dalle differenze di temperatura e di salsedine; si verifica anzi il fatto curioso che la maggiore limpidezza si trova precisamente nel bacino settentrionale, ove le acque sono più salse e fredde, e dove quindi la maggior densità determinerebbe condizioni più favorevoli alla sospensione di particelle intorbidanti. Le piogge e l'afflusso di acque fluviali non hanno speciale importanza nel mar Rosso sull'andamento della torbidità, data la scarsezza generale di precipitazioni e la quasi assoluta mancanza di fiumi. Un'azione certo rilevante è esercitata dai materiali di origine eolica. Ma il fattore, che nei fenomeni qui considerati ha importanza essenziale, è quello biologico. La scarsezza di materiale planctonico nelle acque più azzurre, e la straordinaria ricchezza di esso nelle acque verdi-giallastre delle zone meridionali e costiere, come pure i diversi caratteri con cui il plancton si presenta, sono gli elementi principali con cui le indagini biologiche potranno chiarire le variazioni osservate nelle proprietà ottiche dell'acqua.

PARTE TERZA

CONDIZIONI METEOROLOGICHE DURANTE LA CROCIERA

PROF. FRANCESCO VERCELLI

Condizioni meteorologiche durante la crociera

§ 1 — Durante la campagna della *Magnaghi* le condizioni meteorologiche furono osservate con regolari serie di misure e coll'impiego di diversi strumenti registratori. Inoltre furono poste tre stazioni aerologiche a terra, per esplorazioni dell'alta atmosfera, a Massaua, Asmara e Assab. Non riteniamo sia il caso di esporre in disteso i quadri delle osservazioni meteorologiche e delle letture orarie degli apparecchi registratori. Una nave in crociera, obbligata a continui spostamenti, ad influssi variabilissimi ora del mare aperto, ed ora delle isole e delle coste continentali, può solo raccogliere dati meteorologici i quali non hanno alcuna omogeneità. La zona ove si svolse la più estesa parte dei lavori della *Magnaghi*, il mar Rosso meridionale, fra Massaua e Perim, ha un grande interesse sia dal punto di vista climatologico locale, come da quello dinamico generale. Ma i dati da noi raccolti in questa vasta area, se recano qualche contributo alle conoscenze climatiche specialmente per alcuni elementi meteorologici, non consentono però di seguire le alterazioni di questi col variare del tempo e del sito se non in modo generico. Studi più accurati dovrebbero avere per base le misure fatte in osservatori stabili. Nella vasta distesa del mar Rosso esistono pochi osservatori meteorologici. Tra essi ricordiamo quelli delle seguenti località: Suez e Tor, nella penisola del Sinai; Port Sudan, Suakin e Kamaran nella parte meridionale del mar Rosso. L'osservatorio di Kamaran è tenuto in funzione, con mirabile passione, dal Resident inglese Cap. Guy Vivyan Wickham. Fuori del mar Rosso esiste ad Aden un osservatorio in piena efficienza. Alcune località furono sede provvisoria di accurate osservazioni durante la campagna della nave *Pola* (Gidda, Isole Brothers, Koseir); i relativi dati sono pubblicati nella relazione della campagna della *Pola*. Dei centri di osservazione già esistenti sulla costa Eritrea, compresa Massaua, nessuno è attualmente in funzione Misure termopluviometriche, a scopo agricolo, sono fatte da privati, come avviene a Zula, nella vasta azienda del signor Beltrame.

I dati raccolti in questi osservatori, ma principalmente quelli osservati dalle navi in transito o stazionarie, hanno fornito vaste conoscenze sui caratteri climatici del mar Rosso. I dati meteorologici raccolti nella campagna della *Magnaghi* si inquadrano bene generalmente coi valori normali noti. Basterà dare di essi un breve riassunto; solo per i fenomeni meno esplorati, come l'evaporazione, l'umidità e l'irraggiamento solare, daremo un più esteso cenno sui

risultati ottenuti. Le ricerche più significative compiute durante la crociera sono quelle aerologiche; esse verranno ampiamente esposte e discusse in una relazione successiva, perchè offrono un complesso di dati estremamente interessanti sul regime delle alte correnti, le quali sono collegate ai grandi spostamenti monsonici dominanti nel golfo Arabico e nell'oceano Indiano.

§ 2 — Per le osservazioni meteorologiche si disponeva dei seguenti apparecchi, forniti dal R. Istituto Idrografico di Genova o dall'Istituto Geofisico di Trieste:

due barografi Richard, uno di grande e uno di piccolo modello;
un barometro Fortin;
un termografo Richard;
un igrografo Richard;
un anemometro a mano, Fuess;
un pluviometro totalizzatore;
un evaporimetro tipo Wild, costruito con mezzi di bordo;
un termometro a bulbo nero per insolazione massima;
un termometro a massima e a minima;
un psicrometro Assmann;
termometri campione; ecc.

I barometri erano tenuti nelle cabine di poppa; i termografi in una gabbia meteorologica, posta sulla controplancia di prua; l'evaporimetro era fissato sulla gabbia meteorologica, esposto alla libera azione dell aria e del sole; il termetro a bulbo nero era fissato nei pressi della gabbia meteorologica, in esposizione sempre libera al sole. Ogni mattina alle 8 veniva fatta una serie di osservazioni per i controlli dei registratori; il vento era misurato, di norma, due volte al giorno, alle 8 e alle 16, con un anemometro a mano Fuess; misure anemometriche e psicrometriche erano fatte ogni qual volta ciò fosse consigliato per completare i dati osservati in mare; molte di tali osservazioni si trovano riferite unitamente ai dati di corrente o di temperatura dell'acqua.

PRESSIONE.

§ 2 Secondo le recentissime valutazioni del Gallé [1], nella zona meridionale del mare Rosso, ove si svolse la parte principale della campagna della *Magnaghi*, la pressione media annua è di mm. 756.7 e l'onda barometrica annua assume, in media, i seguenti valori mensili:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
756.7 + 3.2	2.5	1.1	— 0.1	— 0.9	— 3.4	— 3.8	— 3.5	— 1.8	0.9	2.3	3.2

[1] P. H. Gallé, *Klimatologie van den Indischen Oceaan*, Koninkl. Nederl. Meteor. Inst. N. 102, Meded. en Verh. 29 a, 1924.

Questi valori sono figurati dalla seguente relazione, che rappresenta l'andamento annuo della media pressione giornaliera B:

$$B = 756.9 + 3.92 \cos (n\ t - 357°) + 0.34 \cos (2\ n\ t - 220°)$$

Il tempo t deve essere contato a partire dal 15 gennaio.

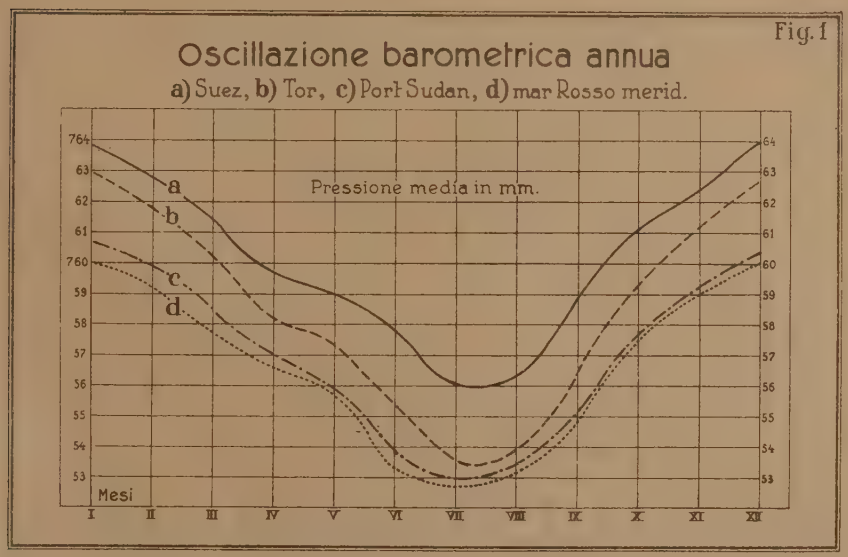
A titolo di raffronto riportiamo, dalle pubblicazioni ufficiali egiziane [1], i valori normali della pressione per le stazioni di Suez, Tor e Port Sudan:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Suez	760.3 + 3.5	2.6	1.2	— 0.6	— 1.3	— 2.4	— 4.2	— 4.0	— 1.4	0.9	2.2	3.7
Tor	758.6 + 4.5	3.3	1.7	— 0.4	— 1.2	— 3.3	— 5.0	— 4.7	— 2.2	0.7	2.6	4.1
P.Sudan	757.1 + 3.6	2.9	1.5	— 0.1	— 1.1	— 3.2	— 4.1	— 3.7	— 1.9	0.7	2.1	3.3

Dal confronto, reso più evidente dai grafici della fig. I, appare chiaro che la pressione media annua diminuisce di oltre tre millimetri fra la parte Nord e quella Sud del mar Rosso, mentre gli altri caratteri delle curve annue barometriche rimangono molto analoghi tra loro.

I diagrammi rilevati durante la crociera corrispondono, con molta approssimazione, all'andamento dei dati normali qui ricordati.

Fig. I



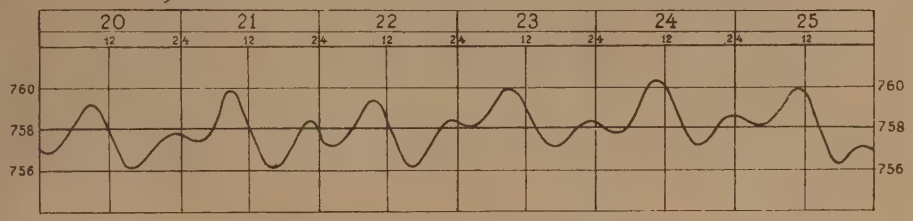
[1] *Climatological Normals ecc.*, Phys. Depart., Min. of Public. Works, Cairo, 1922.

§ 4 — Il carattere più evidente nelle curve barometriche dei climi tropicali è la doppia oscillazione diurna. Essa è già bene evidente alle latitudini del golfo di Suez (fig. II); le ampiezze dell'onda semidiurna crescono verso la parte centrale e meridionale del mar Rosso, sino a raggiungere ampiezze da 3 a 4 mm. Si è sempre constatata la massima ampiezza nell'oscillazione del mattino, che raggiunge normalmente il massimo fra le 10 e 11; l'oscillazione corrispondente della notte ha ampiezza molto minore, così che i grafici assumono una dissimmetria caratteristica. Si constata che le ampiezze e le fasi di queste oscillazioni variano entro certi limiti che dipendono dal tempo e dal sito; in un dato sito si hanno le minime ampiezze e il massimo ritardo di fase in estate (fig. II, *a) - d)*). I nostri diagrammi, per gli spostamenti continui della nave, non consentono di determinare gli armonici componenti delle oscillazioni diurne, nè di applicare i metodi dell'analisi periodale allo studio delle fluttuazioni indipendenti dai cicli annuo e diurno, le quali, come di norma nei climi tropicali, si presentarono sempre con piccole ampiezze. Nei mesi invernali le massime escursioni barometriche dovute alla somma delle onde diurne e delle fluttuazioni occasionali raggiunsero valori inferiori ai 10 mm., negli altri mesi le variazioni barometriche furono rappresentate in modo prevalente dalle sole onde diurne.

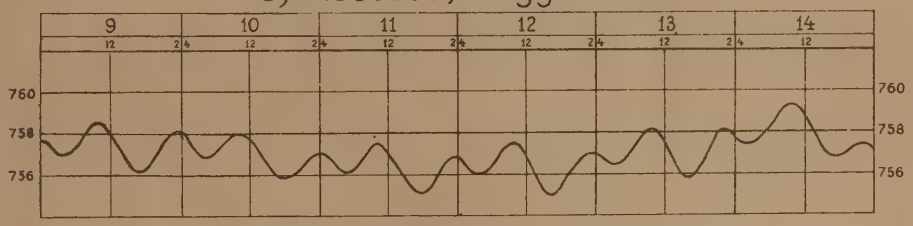
Fig. 2

Diagrammi barometrici

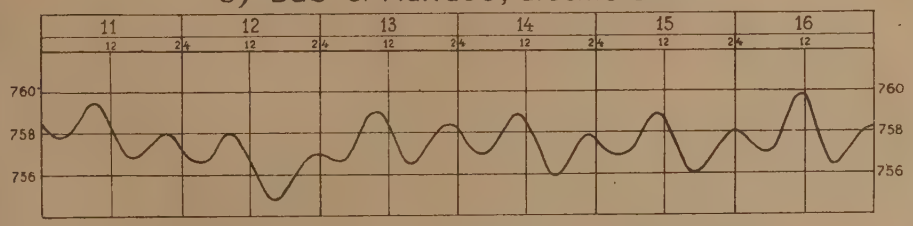
a) Canale sud di Massaua, novembre 1923



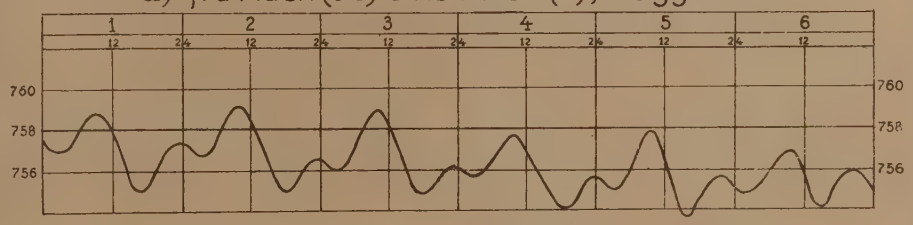
b) Massaua, maggio 1924



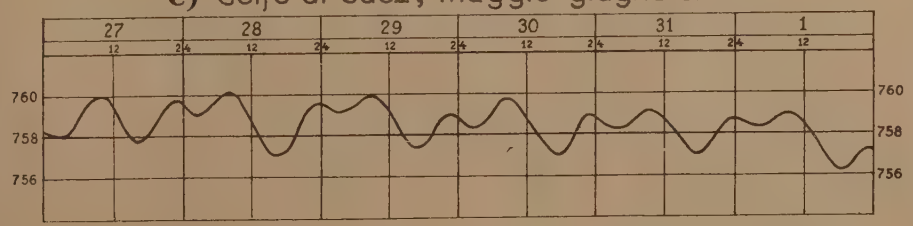
c) Bab-el-Mandeb, dicembre 1924



d) fra Aden (1-3) e Kamaran (6), maggio 1924



e) Golfo di Suez, maggio-giugno 1924



TEMPERATURE

§ 5 — Il mar Rosso, rinserrato tra vasti continenti, cosparso di isole numerose e di estesi bassifondi, ha regime termico che non può essere figurato con semplice riferimento alle coordinate geografiche e alla stagione; la posizione del punto che si considera rispetto alle coste prossime ha un'azione assai importante; tanto l'escursione termica annua, quanto, e più fortemente ancora, l'ampiezza delle fluttuazioni diurne, sono assai diverse a seconda che si tratti di zone di alto mare, di aree adiacenti a piccole distese costiere, di canali o insenature che si addentrino entro la terra ferma. I diagrammi rilevati durante la campagna sono quindi legati al sito in cui si trovava la nave al momento della regstrazione; essi presentano tutte le graduazioni di forme, da quelle nettamente marine, con oscillazioni diurne inferiori a un grado, se rilevati in zone lontane dalle coste, sino alle forme in cui le oscillazioni diurne assumono aspetto tipicamente continentale, con fortissime escursioni termiche fra giorno e notte. Nei grafici della fig. III sono illustrati alcuni esempi, dai quali risultano evidenti queste variazioni.

Per quanto il mar Rosso non raggiunga l'andamento termico che si osserva nei mari più vasti, tuttavia esso ha un clima marino nettamente delineato; sotto tale aspetto si constata che ha fluttuazioni annue e diurne notevolmente minori del golfo Persico, in cui sono più evidenti le influenze continentali (1).

La crociera si svolse principalmente nella parte meridionale del mar Rosso, fra la latitudine di Massaua e il golfo di Aden, nelle adiacenze di Bab-el-Mandeb. Ci limiteremo ad esaminare i risultati ottenuti in questa zona; per la rimamente parte del mar Rosso non potremmo che constatare la graduale diminuzione di temperatura fra la zona degli arcipelaghi Dahalak-Farisan e il golfo di Suez, tanto nel viaggio di andata come in quello di ritorno (fig. III), e l'accordo generico tra i dati osservati e quelli normali noti per le zone attraversate.

I numerosissimi dati raccolti dalle navi in transito, da un sessantennio a queste parte, hanno condotto alla determinazione dei valori climatici riferiti nei grandi atlanti inglese e olandese sulla climatologia dell'Indiano. Per la zona fra il 16° parallelo e Perim l'atlante olandese (2) assegna alle temperature dell'aria e dell'acqua superficiale valori medi mensili oscillanti fra i dati indicati nel seguente prospetto:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aria	25.8	25.9	27.0	28.4	30.0	31.6	32.5	32.5	32.2	30.8	28.2	26.8
	25.6	25.9	26.7	28.3	29.9	31.3	32.1	31.0	31.9	29.6	27.7	26.4
Acqua	25.0	25.0	25.7	27,1	29.2	30.7	31.4	31.5	32,4	30.4	27.1	25.9
	24.9	24.9	25,6	27.0	29.0	29.9	29.1	29.2	30.5	29.1	26.8	25.6

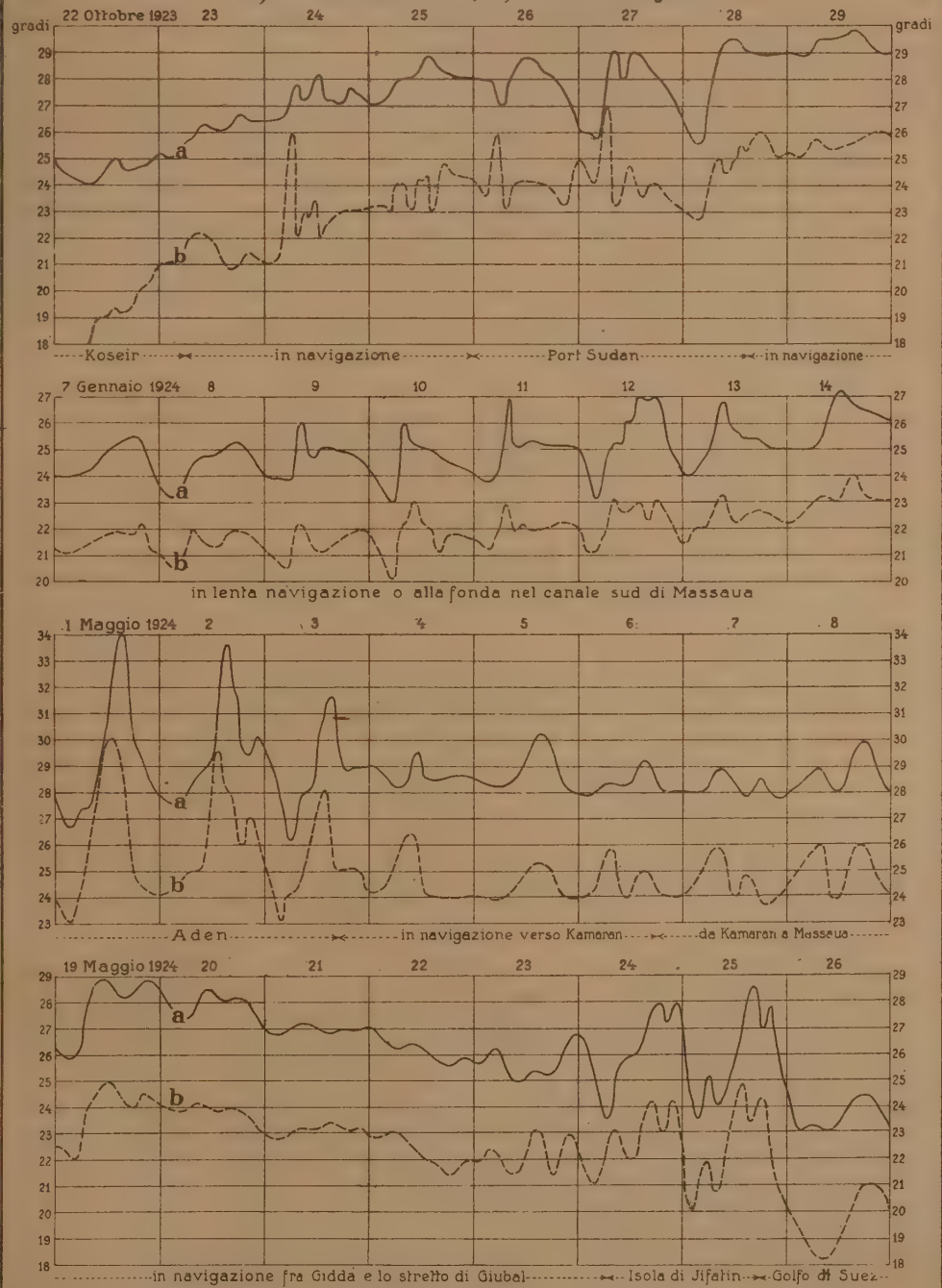
(1) G. Schott, *Ozeanog. und Klimat. des Persischen Golfes, Ann.* der Hydrogr. und marit. Meteor., 1918.

(2) *Oceanographische en Meteor. Waarnemingen in den Indischen Oceaan,* Konink. Nederl. Meteor. Inst., N. 104.

Fig.3

Alcuni diagrammi termometrici

a) termometro asciutto, b) termometro bagnato

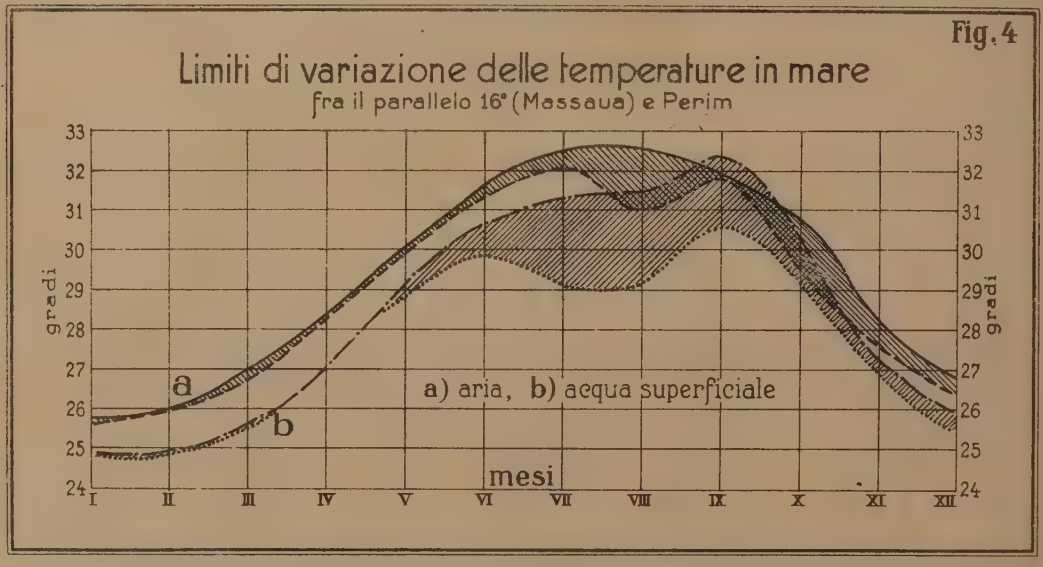


Il valore più elevato, per ogni mese, si incontra normalmente nella zona prossima agli arcipelaghi, quello minore nella parte centrale del mare e verso Bab-el-Mandeb. Nel golfo fra Aden e la Somalia sogliono prevalere temperature alquanto minori di quelle esistenti nelle contigue acque del mar Rosso, sia per l'aria come per l'acqua.

Nella fig. IV sono figurate le temperature medie mensili del precedente prospetto. Molto evidente appare il fatto che nel mar Rosso meridionale la temperatura dell'acqua è inferiore a quella dell'aria, mentre nei mari suole prevalere la condizione opposta. Tale fatto vale anche per il golfo Arabico nelle adiacenze del mar Rosso e per quasi tutta l'estensione di questo mare; nella parte settentrionale però il fenomeno è limitato ai soli mesi estivi: fra novembre e marzo l'acqua raggiunge temperature che superano quelle dell'aria.

Nel golfo di Aden è assai caratteristico un regresso estivo della temperatura dell'aria e dell'acqua, seguito da un rapido incremento nel mese di Settebre. Questo fatto, evidentemente collegato col regime dei monsoni estivi, come sarà chiarito nei § 10-12, esercita influenza sulla zona adiacente agli stretti di Perim, ed appare evidente nei grafici della fig. IV. Più a Nord il fenomeno non è più riconoscibile nella temperatura atmosferica; ma è ancora ben distinto in quella dell'acqua. Avremo occasione di ritornare su questo argomento nella discussione dei dati termici dell'acqua marina raccolti nella campagna.

Fig. 4



§ 6 — Dai valori esposti risulta che l'ampiezza dell'escursione termica annua dell'atmosfera, nel tratto di mare fra Massaua e Perim, è di circa 7 gradi, con un minimo di 25°.6 nell'epoca gennaio-febbraio, e un massimo di circa 32°.5 fra luglio e settembre. Dato che le fluttuazioni diurne hanno ampiezze molto piccole in mare, questi limiti rappresentano anche, con approssimazione di 1 o 2 gradi, le medie dei valori minimi e massimi che si possano incontrare nel corso dell'anno nel mar Rosso meridionale. Se le osservazioni sono fatte in prossimità di terre, come più spesso accadde nella nostra campagna, tanto

la curva termica annua, quanto le singole curve diurne, possono presentare oscillazioni con ampiezze molto maggiori di quelle proprie del mare contiguo. Risulterà quindi una temperatura media invernale più bassa, e una estiva più alta di quelle dianzi riferite.

Troviamo infatti che *nella zona del canale Sud di Massaua* in novembre ed aprile-maggio le temperature medie diurne da noi osservate sono comprese nei limiti dati dall'atlante olandese; nei mesi invernali invece, da dicembre a marzo sono sensibilmente minori da uno a due gradi; la media del mese di gennaio risultò compresa fra 24° - 25°, a seconda del sito; valore analogo si ebbe ancora all'inizio del mese di febbraio; in tali epoche le variazioni del termometro erano comprese fra 30° e 21°; i valori estremi naturalmente si incontrarono durante gli ancoraggi fra le isole; in pieno mare si avevano solo piccole oscillazioni attorno a 25°. In marzo la temperatura media raggiunse da da 26° a 27°, mantenendosi quindi ancora lievemente inferiore al valore di 27°, assegnato dall'atlante. Ma in seguito si ebbero valori del tutto normali; in estate, in questa regione, si dovrebbero raggiungere valori alquanto più elevati di quelli che si hanno al largo in mare.

Nelle adiacenze di Bab-el-Mandeb le temperature osservate nei periodi di permanenza o di transito della nave, che saranno poste poi in relazione colle temperature dell'acqua, sono alquanto inferiori a quelle date dall'atlante; in dicembre si ebbero valori compresi fra 27° e 23°.5, con una media di circa 24°.5, cioè quasi due gradi di meno di quanto sia indicato nel prospetto dei valori normali. Anche le temperature rilevate durante la stazione quindicinale, nell'epoca marzo-aprile, risultano inferiori di circa un grado a quelle date dall'atlante. Questi scarti riteniamo siano semplicemente dovuti al fatto che i dati di navigazione, usati per la compilazione delle medie, si riferiscono a punti situati nelle zone centrali del mare, mentre quelli da noi presi in esame si riferiscono più spesso a zone costiere, e quindi devono necessariamente risentire le influenze continentali.

UMIDITA' DELL'ARIA

§ 7 — Le escursioni diurne e annue dell'umidità relativa dell'aria sono molto ampie nelle zone continentali, minori sulle coste e minime in alto mare. Questa norma generale trova piena conferma nelle osservazioni fatte in mar Rosso, ove le due curve dei termometri asciutto e bagnato corrono quasi parallele fra loro, se rilevate a grande distanza dalle coste, mentre sono caratterizzate da ampie fluttuazioni e da forti discordanze di fase sulle coste, specialmente nei siti ove le influenze continentali sono maggiori. Anche nei casi in cui le due curve sono prossimamente parallele si presentano intervalli in cui il termometro bagnato accusa rapidi e sensibili variazioni, dovute a mutazioni di vento o di tempo, o collegate semplicemente a date fasi del periodo diurno solare. In questi ultimi casi le fluttuazioni dell'umidità avvengono in forma diversa da sito a sito, durano generalmente poche ore, e poi si ristabilisce il

parallelismo delle curve; le quali si svolgono a distanze comprese normalmente fra due e quattro gradi. Nei grafici della fig. III sono riferiti alcuni esempi, nei quali si riconoscono i tipi vari di curve psicrografiche che si possono incontrare in mare e in prossimità delle coste.

Sarà utile riferire, a titolo di raffronto, i valori normali assoluti e relativi dell'umidità dell'aria per alcune stazioni costiere, quali sono date nel volume già citato « Climatological normals » del Physical Department egiziano.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Tor	mm	7.5	7.7	9.0	11.0	13.4	15.5	16.8	18.0	16.9	15.0	11.1	8.1	12.5
	%	56	53	52	54	57	59	61	62	61	61	55	54	57
P.Sudan	mm	15.1	14.5	15.4	17.2	18.3	17.0	18.5	18.6	19.1	21,0	19.8	16.0	17.5
	%	67	66	65	64	58	48	46	46	54	68	72	66	60
Suakin	mm	14.1	13.9	15.0	16.1	16.0	15.8	17.5	17.9	18.4	20.9	19,1	15.6	16.7
	%	66	66	64	57	47	38	39	40	47	65	69	68	56

I dati di queste stazioni dimostrano che l'umidità relativa ha un tipico andamento annuo, che a Port Sudan e Suakin presenta un minimo fortemente pronunciato in estate, e un massimo in inverno; a Tor si hanno condizioni opposte. L'umidità assoluta più che dai valori dell'umidità relativa, dipende dalla temperatura ed ovunque segue semplicemente la legge generica che i valori massimi si presentano normalmente quando è massima la temperatura, quelli minimi quando anche la temperatura ha minimi valori.

Lungo il tragitto fra il golfo di Suez e Massaua, o viceversa, l'umidità in mare ci diede valori che sono alquanto maggiori di quelli corrispondenti ai punti costieri di pari latitudine; i bassi valori dell'umidità relativa e assoluta nel mar Rosso settentrionale, e specialmente nel golfo di Suez, risultarono nettamente apparenti, compresi fra 55 e 80 %. Nel mar Rosso meridionale trovammo invece una prevalenza di valori relativi compresi fra 70 e 80 %, in ogni epoca, con maggiore frequenza di valori attorno a 70 % fra novembre e febbraio, attorno a 80 % da marzo a maggio. A queste umidità relative corrispondono pressioni di vapore comprese fra 15 e oltre 25 mm., date le alte temperature dell'aria. Nei diagrammi rilevati nei porti e nelle adiacenze costiere i limiti di variazione dell'umidità relativa sono molto maggiori di quelli ora indicati, e si estendono da minimi eccezionalmente bassi, inferiori al 40 %, sino a valori del 100 %. Nelle curve di Aden, ad esempio, nei primi giorni del maggio 1924 la curva del termometro bagnato (fig. III) sale fortemente nelle prime ore del pomeriggio sino a toccare la curva del termometro asciutto ad altezza di circa 30°; in tal caso all'umidità relativa del 100 % corrisponde una tensione di vapore di oltre 30 mm. Ma le grandi fluttuazioni dell'umidità relativa, come quelle della temperatura, caratterizzano normalmente solo zone influenzate dalla prossimità dei continenti; in mare le fluttuazioni sono un fenomeno secondario, di breve durata e solo eccezionalmente assumono ampiezze molto rilevanti. Dalle osservazioni raccolte si deduce dunque che nelle zone centrali e meridionali del mar Rosso, comprese le adiacenze di Bab-el-Mandeb, l'umidità relativa ha valori medi compresi fra 70 e 80 %; le escursioni termiche diurne sono assai piccole e irregolari; quelle annue sembrano parimenti ristrette; le maggiori umidità constatate si hanno in primavera, le minime in inverno, con andamento opposto quindi a quello esistente sulle zone costiere sudanesi.

I medi valori valutati per l'umidità relativa, da 70 a 80 % a seconda dell'epoca e del sito, sono molto più elevati di quelli costieri di Port Sudan, Suakin e Tor, come delle località di cui si hanno dati più o meno completi (Gidda, isole Brothers, Koseir, ecc.). Si può osservare tuttavia che in certe aree continentali si trovano valori dell'umidità dello stesso ordine di grandezza di quello constatato nel mar Rosso. Tali sono ad esempio le ubertose terre del delta egiziano. L'alta temperatura del mar Rosso, in presenza di simili percentuali di umidità, determina però valori così alti della quantità di vapore acqueo presente nell'aria, da esercitare un'azione deprimente molto sentita sul corpo umano, specialmente quando l'aria è calma. Durante un'escursione fatta nella zona del vulcano Alid, tra Arafali e la depressione dancala del Sale, nella prima decade di marzo 1924, si raggiunsero, ogni giorno, 40° di temperatura; l'aria però era estremamente secca e fortemente ventilata; la depressione fisiologica risentita dalle varie persone della carovana non fu tutavia più grave di quella che si provava a bordo, con temperature fra 30°-32°, ma in presenza di un'atmosfera molto carica di vapore acqueo.

§ 8 — In generale la trasparenza atmosferica si mantenne piuttosto scarsa, in relazione ai fenomeni di condensazione che le masse di vapore subiscono negli spostamenti verso l'alto e verso le coste; la visione dei segnali posti a terra per i rilievi idrografici nel canale Sud di Massaua era spesso resa molto difficile e talora impossibile.

Omettiamo di fare una trattazione speciale sulla nebulosità e sulle precipitazioni; la prima è scarsa le seconde sono fenomeno trascurabile nella metà settentrionale del mar Rosso, e di limitata portata nella parte meridionale. Fra il Sinai e il 20° parallelo l'atlante climatologico egiziano segna, in tutti i mesi « no rain ». A latitudini minori le precipitazioni sono inferiori normalmente a 25 mm. mensili. Solo verso l'interno delle zone continentali le piogge aumentano gradualmente in quantità e presentano cicli annui bene conosciuti. Le piogge osservate durante la crociera sono quantità assai piccole e quasi tutte di tipo temporalesco.

OSSERVAZIONI ATTINOMETRICHE.

§ 9 — Le osservazoni attinometriche da noi compiute sono limitate alla lettura delle temperature massime di un termometro a bulbo nero nel vuoto, della casa Fuess.

Dalle osservazioni fatte negli osservatori egiziani risulta che nelle stazioni Heluan e Assuan si hanno i seguenti valori normali, in gradi, per termometri del tipo di quello da noi usato:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Heluan at. 29°52'	43.3	46.2	51.6	55.7	58.6	61.0	62.6	63.3	61.6	58.1	52.0	43.8	54.8
Assuan lat. 24°2'	51.8	54.9	63.3	67.7	69.6	73.1	73.2	72.0	69.6	64.8	58.3	52.1	64.2

La zona da noi esplorata è quasi sempre a latitudini minori di quella di Assuan. I valori mensili osservati sono i seguenti:

	I	II	III	IV	V	XI	XII
media	54.1	56.8	59.6	60.0	61.1	54.8	54.0
max.	55.3	60.2	65.0	63.0	63.2	61.0	56.2
min.	50.3	47.4	51.2	57.2	59.1	52.0	52.2

Nei mesi da dicembre a febbraio le temperature osservate in mar Rosso sono notevolmente superiori a quelle rilevate ad Assuan: negli altri mesi invece in questa località il termometro a bulbo nero assume temperature molto maggiori di quelle che si hanno in mare e presso le coste; le differenze oltrepassano dieci gradi. In tale stagione in mare si hanno temperature dell'ordine di quelle che si hanno alla latitudine di Heluan. In maggio si constatò che progredendo dal mare meridionale verso il Golfo di Suez invece di diminuzione si aveva stazionarietà, o anche aumento nella temperatura del termometro a bulbo nero, tanto che i massimi valori (63°.2) si ebbero all'isola di Gifatin, nello stretto di Giubal, e quindi molto fuori della zona tropicale. Il fatto sembra dovuto a prevalente azione dell'umidità dell'aria, che a terra assume in estate valori di tipo desertico (ad Assuan umidità relativa fra 30-32 % da aprile a settembre), mentre in mare assume i massimi valori dell'anno, determina una forte opacità atmosferica, e provoca un'estinzione della radiazione solare notevolmente maggiore di quella propria dei mesi invernali. I massimi e i minimi valori del termometro a bulbo nero differiscono di pochi gradi dai valori medi mensili; le condizioni del cielo si mantengono difatti molto uniformi e le perturbazioni del tempo sono sempre di breve durata.

VENTO.

§ 10 — I caratteri tipici del vento, nelle regioni ove si svolse la campagna, sono noti da molto tempo e sono stati oggetto di studi estesi, sopratutto in connessione coi venti periodici dominanti nell'Oceano Indiano. Le osservazioni discontinue da noi eseguite avevano lo scopo principale di completare i dati necessari per lo studio dei moti marini; nelle tavole dei dati di corrente furono esposte anche le osservazioni riguardanti il vento; alcune deduzioni sulle influenze esercitate dal vento sulle correnti di deriva, specialmente nello stretto di Bab-el-Mandeb, furono sommariamente esposte. Il regime del vento a livello del mare interessa anche gli studi sulle alte correnti, che dovremo svolgere in seguito. Riassumeremo per ora le conoscenze generali illustrate nell'atlante climatologico olandese e negli studi fatti in proposito dal Gallé, nel lavoro citato nel § 3; ed esamineremo quale accordo esista fra le nostre misure e tali notizie climatologiche nella zona meridionale del mar Rosso.

Nell'epoca dei monsoni da NE nell'alto Indiano le correnti aeree scorrono nel golfo arabico con direzione da E a W, con velocità medie fra i gradi 1 e 2 Beaufort in ottobre; fra 2 e 3 in novembre, dicembre, e gennaio; fra 3 e 4 in febbraio; 2 e 3 in marzo e aprile; 1 e 2 in maggio. In giugno le correnti d'aria scorrono da W a E, raggiungono gradi 2-3 in luglio, indeboliscono in agosto; si ha calma in settembre.

Nello stretto di Bab-el-Mandeb e nel mar Rosso meridionale, in inverno le correnti aeree da E proseguono con direzione orientata nel verso dell'asse marino, da SE a NW, presentando normalmente velocità che sono alquanto maggiori di quelle del golfo di Aden, nello stretto di Perim, ma sono gradualmente decrescenti a latitudini superiori. Queste correnti interessano prevalentemente il mare adiacente alla costa araba. A E del 40° meridiano prevalgono venti da W o da NW, anche nell'epoca dei monsoni invernali; queste correnti si orientano da N a S in aprile e maggio e si protendono allora sino presso la soglia di Perim; si intensificano alquanto in giugno, dominando in tutto il mar Rosso meridionale sino al golfo Arabico, ove piegano verso NE. Questi venti estivi, discendenti dal mar Rosso all'Indiano sono più deboli dei venti opposti invernali; i monsoni estivi raggungono invece velocità assai maggiori che non i monsoni invernali, con medie di gradi 6-7 da giugno ad agosto, nell'Indiano, fra la costa somala, l'Arabia, e l'India.

La frequenza dei venti ora descritti va normalmente di pari passo colla velocità. Per la zona oceanica a E del capo Guardafui il Gallé ha valutato i coefficienti delle formole che rappresentano le fluttuazioni diurne e annue delle velocità dei venti (loc. cit., pag. 85).

§ 11 — Le osservazioni da noi fatte sono in buon accordo colle condizioni climatiche ora precisate. Nella zona tra Massaua e la costa dancala trovammo in novembre predominanza dei venti da SE, talora anche da SW, con alternative di calma e di venti raggiungenti sino oltre 8 m/sec: prevaleva la calma nelle ore del mattino, il vento in quelle pomeridiane. In dicembre, nelle adiacenze di Perim, si ebbe quasi costantemente vento da SE, con velocità fra 4 e 8 m/sec, in accordo quindi col valore medio dato nell'atlante olandese; il ritmo diurno prevalente nel canale Sud di Massaua qui non fu più riscontrato, anzi si ebbero spesso al mattino i massimi valori del vento. Presso la costa di Ras Dumeira si ebbero anche intervalli con vento da NW. Venti molto forti si ebbero in gennaio; nello stesso canale Sud di Massaua si misurarono velocità raggiungenti da 12 a 14 m/sec, sempre con direzione da SE. Durante i rilievi fatti nella zona attorno all'isola di Aucan, nelle Dahalak meridionali, colla R. Canoniera *Arimondi*, fu spesso impossibile eseguire ricerche in mare o inviare a terra battelli, dato lo stato agitatissimo del mare sotto l'azione del vento gagliardo. Venti fortissimi si incontrarono alla fine di gennaio e all'inizio di febbraio lungo l'asse marino fra il 20° parallelo e Assab; venti intermittenti, ora forti e ora debolissimi si ebbero invece nel canale Sud di Massaua durante i successivi giorni di febbraio e nel mese di marzo, sempre con prevalenza dei venti da SE.

Da metà marzo sino alla prima decade di aprile si svolsero le ricerche fatte dall' *Arimondi* nello stretto di Bab-el-Mandeb; ivi in marzo il vento da SE fu sempre fortissimo e persistente, raggiungendo velocità massime da 12 a 14 m/sec; alla fine del mese si attenuò e in aprile si ebbero alcune giornate di piena calma.

In aprile avanzato, nelle adiacenze di Bab-el-Mandeb, si incontrarono ancora venti con velocità da 5 a 8 m/sec. In maggio, in tale zona, si ebbero correnti aeree molto più deboli.

Le condizioni del vento furono spesso di grave ostacolo ai lavori della campagna, per l'agitazione del mare che ne derivava. Se i valori medi osservati possono ritenersi conformi a quelli dati nell'atlante clandese, si deve tener presente tuttavia che gli scarti da tali valori medi sono assai frequenti e duraturi, così che si possono incontrare, specialmente al largo, parecchie giornate successive con predominio quasi incessante di venti le cui velocità superano anche del triplo medi valori dati dall'atlante.

§ 12 — E' molto interessante mettere il regime dei venti a confronto colle situazioni isobariche predominanti nella zona che consideriamo. Dalle illustrazioni date nel « Climatological normals » egiziano si rileva che in ottobre prende normalmente inizio la formazione di una vasta depressione sull'altipiano sudanese, la quale si sposta gradualmente, nei mesi successivi, attraverso l'Abissinia verso la zona dei laghi equatoriali; in aprile la depressione migra verso il mar Rosso meridionale; e da giugno ad agosto domina sull'Arabia e sul mar Rosso, per retrocedere di nuovo in settembre verso la costa sudanese. Mentre avvengono queste mutazioni nella posizione della zona ciclonica centrale, l'Egitto e l'alto mar Rosso sono costantemente sede di una vasta area anticiclonica, la quale, nei mesi estivi, si collega con altra area anticiclonica formantesi sulla regione degli altipiani sudanesi e abissini, abbracciando così una vasta depressione che si estende allora dalle coste del mar Rosso all'Arabia centrale.

I venti da E nel golfo di Aden, da SE nel mar Rosso meridionale, da W e da NW a occidente del 40° parallelo, risultano pienamente in accordo con queste distribuzioni bariche; le configurazioni geografiche della regione operano però in guisa che le direzioni dei venti mantengano localmente valori molto stabili, indipendentemente dalle variazioni che subisce il gradiente barico.

I venti deboli del mese di maggio, la calma di giugno, i venti discendenti dal mar Rosso al golfo Arabico in estate, la calma di settembre, sono analogamente legati alle speciali configurazioni e ai gradienti barici che si stabiliscono in tali epoche.

Vi è dunque piena corrispondenza fra le medie distribuzioni delle isobare e dei venti. I piccoli valori dei gradienti che si rilevano dalle carte climatiche non basterebbero però a spiegare le velocità elevate che i venti assumono. Queste velocità sono dovute a gradienti maggiori che si stabiliscono in dipendenza dalle forti fluttuazioni diurne delle temperature, dalle oscillazioni diurne o pluridiurne della pressione, e sono in diretta relazione anche coi grandi spostamenti d'aria dei monsoni dominanti nell'oceano Indiano.

EVAPORAZIONE.

§ 13 — La tensione di vapore, nell'acqua di mare, come in generale nelle soluzioni, diminuisce al crescere della concentrazione salina a pari temperatura. Da questo fatto consegue che l'acqua marina, a parità di altre condizioni, ha un'evaporazione minore che non l acqua dolce; in mari di diversa salinità sempre restando costanti le altre condizioni, a salinità crescente corrisponde una diminuzione nella quantità di acqua evaporata.

Le influenze della salinità sull'evaporazione furono oggetto, da molto tempo, di svariate ricerche, che si trovano ricordate nei testi di oceanografia, ad esempio in quello del Krümmel. I risultati ottenuti sono molto discordanti e in qualche punto anche contrastanti fra loro. Due serie di misure evaporimetriche sono specialmente ricordate e discusse nei testi: quella rilevata a Trieste dal Mazelle, osservando in parallelo l'evaporazione di acqua pura e di acqua marina adriatica (37.3 ‰ di sale), tenendo gli evaporimetri, tipo Wild, entro gabbia meteorologica, e quindi in condizioni essenzialmente diverse da quelle che si hanno in natura; la seconda serie, molto più estesa, quanto agli anni di osservazione, e più ricca di risultati per la forma più completa data alle osservazioni, fu rilevata dall'Okada in Azino, nel Giappone, con acqua marina avente il 26 ‰ di sale, esposta liberamente al sole. A questa serie Okada aggiunse poi altre determinazioni, fatte a Tokio, con osservazioni in parallelo tra evaporimetri chiusi in gabbia meteorologica e altri esposti alla libera atmosfera. Il Mazelle e l'Okada, come i precedenti ricercatori, diedero speciale peso ai valori del rapporto fra le quantità di acqua marina e di acqua dolce evaporate n eguali intervalli di tempo, un giorno ad esempio, a parità di condizioni. Mentre gli antichi ricercatori avevano in generale attribuito valori assai piccoli a questo rapporto, esso è portato a un valore medio di 81 % nelle misure del Mazelle, e di 95 % in quelle dell'Okada. La differenza tra questi risultati è assai forte; diversi autori, tra cui il Krümmel e il Merz, credettero di poter attribuire la differenza stessa alla diversa salinità delle acque corrispondenti.

Se ciò fosse vero l'influenza della salinità verrebbe ad assumere importanza rilevantissima; ma la conclusione ammessa dagli autori citati non è corretta; le differenze tra i rapporti dell'acqua marina e dell'acqua pura svaporate in eguali condizioni sono funzioni complesse, in cui la salinità figura come fattore secondario, non come principale nè, meno ancora, come unico fattore. L'influenza attribuita alla salinità è invece effetto prevalente di altre cause. La limitata azione della salinità, già evidente nei risultati di Okada, fu meglio precisata in recenti lavori del Witting e del Wüst ricordati dal Mazzarelli [1] in una nota ove è descritto l'evaporimetro galleggiante usato nelle misure che si stanno compiendo nella stazione idrobiologica del lago Fusaro

---

[1] G. Mazzarelli, *Un nuovo tipo di evaporimetro galleggiante*, Boll. Soc. Natural. in Napoli, XXXVI, 1914.

§ 14 — Le cause che esercitano più evidente influenza sui fenomeni dell'evaporazione sono le seguenti: la temperatura dell'acqua evaporante e quindi la corrispondente massima tensione di vapore; la temperatura, lo stato igrometrico e la pressione dell'atmosfera; la velocità dei moti dell'aria; l'intensità della radiazione solare e le modificazioni che essa può subire in dipendenza dalle condizioni astronomiche e atmosferiche; la salinità dell'acqua. E' assai difficile sperimentare in guisa da mantenere costanti tutti questi fattori, meno uno, per seguire le influenze che questo esercita sull'andamento del fenomeno. Essendo i dati osservati in natura legati a tante cause di variazione, la loro interpretazione riesce complessa e incerta; non è a stupire perciò se i rapporti dianzi discussi discordano tra loro al variare delle condizioni delle esperienze: ovvero se Mazelle trova rapporti crescenti rapidamente col crescere della temperatura, mentre l'Okada trova che essi vanno invece diminuendo inizialmente per poi restare costanti; o infine se i dati rilevati in serie diverse di osservazioni non riescono confrontabili tra loro, così da rendere incerte le conoscenze attuali sui fenomeni dell'evaporazione e consigliare lo studio di nuovi metodi di esplorazione. (Krümmel, I vol., pag. 242-250).

Diversi autori hanno cercato di esprimere in forma semplice la relazione che lega l'evaporazione dell'acqua alle diverse variabili dianzi enunciate. La formola primitiva è dovuta al Dalton:

$$V = k\,(e_0 - e)$$

ove V rappresenta la quantità di acqua evaporata, e_0 è la tensione massima del vapore acqueo alla temperatura dell'acqua evaporante, e la tensione del vapore esistente nell'aria, e k una semplice costante

Le ricerche dello Stefan, del Shierbeck e di altri autori, ricordati in una breve nota del Trabert (1) al quale rinviamo per maggiori indicazioni, portarono a questa formola più completa

$$(1) \qquad V = k\,(1 + \alpha\, t)\,\sqrt{w}\,(e_0 - e)$$

ove t è la temperatura centigrada dell'aria e $\alpha = 1/273$.

Osservando che $(e_0 - e)$ può essere scritto $(e_0 - e_0') + (e_0' - e)$, ove e'_0 è la massima tensione del vapore alla temperatura t' del termometro bagnato; che $e_0' - e$, secondo le teorie psicrometriche, è proporzionale a $t - t'$ e che $e - e'_0$ è approssimativamente proporzionale a $t - t'$, quando questa differenza sia contenuta entro limiti ristretti; consegue che nella formola precedente al fattore $(e_0 - e)$ si può sostituire un fattore proporzionale a $(t - t')$. Questo fatto fu messo in speciale evidenza da W. Ule e da W Krebs, ricordati dal Trabert, per indicare l'importanza che ha, nei fenomeni di evaporazione, la differenza delle temperature dei termometri asciutto e bagnato, tanto che, restando fissi gli altri fattori, l'evaporazione sarebbe proporzionale alla differenza stessa.

---

(1) Trabert, *Neuere Beobachtungen über die Verdampfungsgeschwindigkeit*, Meteor. Zeit. 1896, pag. 261.

Nel trattato del Krümmel (I vol., pag. 247) e in una memoria del Lütgens, in cui sono descritte le osservazioni evaporimetriche fatte in Atlantico e nel Pacifico sud-orientale (2), è adottata la formola seguente:

$$(2) \qquad V = k\,(1 + \alpha\, t)\,\sqrt{w}\,(t - t')/B\,S$$

nella quale figurano, oltre alle quantità già precisate, lo stato barometrico B e la quantità S, che rappresenta una funzione della salinità.

Gli autori citati non specificano maggiormente questa funzione S, che sta a rappresentare la salinità. La S non potrebbe, in ogni caso, identificarsi colla salinità stessa, altrimenti si avrebbe questo assurdo risultato, che l'evaporazione sarebbe inversamente proporzionale alla salinità; così che partendo da valori V osservati in acqua marina di data concentrazione S si troverebbero valori raddoppiati in acque ove S fosse ridotta a metà, e in generale moltiplicati per n quando S fosse ridotta nel rapporto $1/n$.

La formola (1) contiene già implicitamente il fattore che tiene conto della salinità marina; è il fattore $(e_0 - e)$. Quando si tratti di acqua marina, e_0 ha valore minore che non per l'acqua dolce, a pari temperatura. L'aggiunta della funzione S, fatta dal Krümmel e seguita dal Lütgens, è dunque per lo meno inutile; la sostituzione della differenza $(t - t')$ al fattore $(e_0 - e)$ è poi una semplice approssimazione, che nel caso attuale sembra inopportuna.

§ 15 — Tutte le formole relative all'evaporazione fanno astrazione dall'azione del diretto irraggiamento solare. Le formole stesse non sono perciò applicabili alle acque della natura, ove l'azione dei raggi solari prevale spesso fortemente su quella di tutti gli altri fattori. Diversi ricercatori, quali H. R. Mill, J. A. Brown, e l'Okada ricordati nel trattato del Krümmel, posero in rilievo che l'evaporazione di acqua tenuta entro gabbie meteorologiche è da due a tre volte minore, in media, rispetto a quella di acqua liberamente esposta al sole. Abbiamo osservato, nella trattazione su le « Ricerche ottiche » fatte in mar Rosso (Cap. IV), che la quantità rilevantissima di calore assorbito nel primo strato superficiale è impiegato principalmente nei fenomeni di evaporazione. Questa quantità di calore varia, pur restando costanti gli altri fattori che figurano nelle formole, al variare della radiazione, e quindi anche delle cause che operano su di essa. Una formola che rappresenti correttamente l'evaporazione delle acque naturali deve tener conto anche dell'azione della radiazione. La formola definitiva potrebbe essere allora del tipo

$$(3) \qquad V = k'(1 + \alpha\, t)\,\sqrt{w}\,(e_0 - e)\,R$$

ove R rappresenti l'azione della radiazione.

Queste formola permette di esaminare la natura dei rapporti fra le quantità di acqua marina e di acqua dolce svaporate, a parità di altre condizioni, in un intervallo dato di tempo.

---

(2) R. Lütgens, *Ergebnisse einer ozeanog. Forschungsreise in dem Atlant. ecc.*, Archiv der Deutschen Seewarte, XXXIV, 1911, pag. 43

Indichiamo con e_o ed e_{om} le tensioni massime del vapore dell'acqua pura e dell'acqua marina esposte ad evaporazione in identiche condizioni, nell'ipotesi che assumano eguali temperature e che le funzioni R siano eguali nei due casi. Queste condizioni si verificano prossimamente con evaporimetri galleggianti.

Abbiamo allora il seguente rapporto fra le quantità di acqua marina V_m e di acqua pura V svaporate:

$$(4) \qquad V_m / V = (e_{om} - e) / (e_o - e)$$

Osservando che, secondo il Witing (Mazzarelli, loc. cit., pag. 116), si ha, indicando con S la concentrazione salina in ‰,

$$(5) \qquad (e_o - e_{om}) / e_o = 0.0005\ S$$

si deduce $$e_{om} = (1 - 0.0005\ S)\ e_o$$

da cui, per valori di S compresi fra 30 e 50 ‰,

$$(6) \qquad V_m / V = (0.98\ e_o - e) / (e_o - e)$$

Osserviamo, in primo luogo, che il coefficiente 0.98, che figura al numeratore di questo rapporto, vale per salinità variabili tra vasti limiti, dal 30 al 50 ‰, e quindi per le comuni acque oceaniche e marine. Pei quei mari che hanno salinità compresa fra 10 e 30 ‰, in luogo di 0.98, si ha 0.99; il coefficiente si riduce a 1 se la salinità è inferiore al 10 ‰. Come si vede le variazioni di salinità che si hanno da mare a mare hanno influenza estremamente piccola sui valori del coefficiente in parola. Ciò basta a dimostrare che l'importanza attribuita in passato alle variazioni di salinità è destituita di fondamento. Si osservi inoltre che i valori del rapporto V_m / V dipendono dal rapporto e / e_o fra la tensione del vapore esistente nell'aria e quella massima del vapore alla temperatura dell'acqua evaporante. In corrispondenza dei valori che può assumere il rapporto e / e_o si ottengono i seguenti valori di V_m / V, per salinità fra 30 e 50 ‰:

$e / e_o =$	0	0.5	0.75	0.90	0.95	0.98
$V_m / V =$	0.98	0.96	0.92	0.80	0.60	0

Variando il grado di salinità fra 0 e 30 ‰ si avrebbe valori superiori da 1 a 2 % rispetto a quelli ora calcolati, finchè l'umidità dell'aria è lontana dalla saturazione; quando si è prossimi al limite della saturazione, numeratore e denominatore tendono a valori prossimi a zero; solo allora i rapporti possono presentare divergenze notevoli al variare di S; ma in tal caso non ha più significato considerare il rapporto in parola.

§ 16 — Possiamo concludere dunque:

1. — Il rapporto fra le quantità di acqua marina e di acqua dolce, evaporate in identiche condizioni, V_m / V dipende essenzialmente dai valori di e / e_o cioè, essendo comunemente prossime fra loro, in mare aperto, le temperature dell'aria e dell'acqua, da valori che quasi si identificano coll'umidità relativa dell'aria;

2. — Al variare di e / e_o, a parità di altre condizioni, il rapporto V_m / V può assumere tutti i valori compresi fra zero e una frazione assai prossima all'unità (da 0.98 a 1);

3. — Le variazioni di salinità. quali si hanno in natura, determinano sui rapporti V_m / V variazioni limitatissime; solo quando l'aria è satura e tanto l'acqua pura, come quella salata, hanno perciò evaporazione quasi nulla le variazioni di salinità possono determinare alterazioni notevoli nei rapporti considerati;

4. — I rapporti V_m / V, non rispecchiano affatto in generale l'influenza del grado di salsedine sull'evaporazione, ma sono principalmente funzioni del rapporto fra l'umidità assoluta dell'aria e la tensione massima del vapore alla temperatura dell'acqua evaporante;

5. — Il valore $V_m / V = 0.95$, dato dall'Okada, corrisponde ai valori teorici per salinità medie ed elevate (dal 30 al 50 °/₀₀) e per umidità relative comprese fra 0 e 75 °/₀ circa; ove fosse noto V, e si volesse dedurre V_m l'uso di tale rapporto sembra debba portare a valori abbastanza approssimati, nei limiti di salinità e umidità ora indicati. Quando l'umidità è più elevata, diminuisce rapidamente il valore di V; qualunque valore si attribuisca allora al rapporto in parola risulta sempre piccolo anche l'errore sul valore assoluto di V_m.

Nelle esperienze non è dunque il caso di preoccuparsi delle variazioni che pochi millesimi in più o in meno di sale possono esercitare sull'evaporazione; interessa invece sopratutto che si cerchi di realizzare condizioni analoghe a quelle stesse che si hanno in natura. Gli errori che si commettono quando queste condizioni non siano verificate sono più gravi di quelle che si possono commettere facendo astrazione da variazioni di salinità. anche se comprese in limiti notevolmente estesi.

§ 17 — Durante la campagna della « Magnaghi » le quotidiane misure di evaporazione furono fatte valutando la diminuzione di peso che subiva l'acqua di una bacinella circolare di vetro esposta liberamente all'atmosfera sopra la gabbia meteorologica di prua. Il diametro della bacinella era di mm. 98; la diminuzione di g. 7.5 corrispondeva all'evaporazione di un millimetro di acqua. Si tratta di un procedimento alquanto rudimentale, rispetto ai metodi più corretti usati da altri, come ad esempio dal Lütgens, nelle ricerche accennate. Non possiamo quindi attribuire soverchia precisione ai valori ottenuti. Ma se anche si fossero usati apparecchi più corretti, i dati sarebbero egualmente di non facile interpretazione, per le postazioni sempre diverse che la nave subiva rispetto alle coste, e per il fatto che ora la vaschetta evaporante era esposta al sole, ora invece era in ombra, a seconda dell'orientamento della nave. Dai numeri ottenuti pretendiamo solo di dedurre un indice dell'ordine di grandezza che l'evaporazione subisce nelle zone del mar Rosso meridionale. Usammo sempre acqua pura nella vaschetta; per le discussioni fatte, i valori ottenuti non possono superare che di pochi centesimi quelli che si sarebbero avuti con acqua di mare.

Osserviamo che l'evaporazione, come gli altri elementi finora considerati, ha valori che sono legati alle condizioni del sito di osservazione; e siccome per le nostre misure il sito è sempre variabile, i dati ottenuti non sono generalmente confrontabili fra di loro se non in modo grossolano. In generale si hanno valori massimi nelle adiacenze costiere; minimi in mare aperto; può però avvenire anche il caso opposto, se l'umidità presso terra è più elevata e il vento più debole rispetto ai valori incontrati in mare.

§ 18 — Riassumiamo nel seguente prospetto i medi valori dell'evaporazione diurna osservati dal novembre 1923 al maggio 1924, con nave in postazioni comprese generalmente fra la latitudine di Massaua e il golfo di Aden.

Evaporazione diurna.

MESI	I	II	III	IV	V	XI	XII
media mm.	13.0	9.3	11,5	8.3	12.0	20.8	15.5
max. mm.	18	21	20	19	19	29	21
min. mm.	3	3	5	4	7	9	6

Prima di esaminare questi numeri sarà opportuno ricordare i valori normali dell'evaporazione espressi in mm., in alcune stazioni egiziane e sudanesi, dati nel « Climatological normals » egiziano.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anno
Tor	6.25	6.85	8.11	8.83	9.18	10.89	10.11	9.68	8.83	6.93	6.73	6.23	3.11
Port Sudan	7.10	7.07	7.61	8.66	9.97	13.06	13.27	12.70	10.47	6.71	7.12	7.40	9.26
Suakin	4.38	4.71	4.86	5.25	6.68	10.38	12.78	11.60	7.81	4.68	4.69	4.62	6.88

I dati di queste stazioni furono rilevati con apparecchio *Piche;* per ridurli ad essere confrontabili con quelli dell'evaporimetro Wild dovrebbero essere moltiplicati per 1,4. I dati stessi sono osservati entro casette meteorologiche; per ridurli ad essere confrontabili coll'altezza di acqua svaporata in libera esposizione all'aria e al sole, dovrebbero inoltre essere moltiplicati per un fattore, variabile col tempo e col sito, ma probabilmente più elevato, in media, del valore 2.5 stimato da Okada per il clima del Giappone. I valori che si otterrebbero dopo tale riduzione sarebbero notevolmente più alti di quelli osservati in mare, come si poteva presumere *a priori*. Osserviamo che, a loro volta, questi dati costieri sono circa la metà di quelli che, a pari latitudini, si osservano nell'interno del Sudan.

§ 19 — Mentre nei dati costieri si rileva un'evidente fluttuazione annua nei medi valori dell'evaporazione diurna in quelli marini tale oscillazione è meno regolare. Ciò deriva in parte dalle posizioni diverse subite dalla nave; ma pare

sia in relazione molto intima coll'andamento dell'umidità e del vento. In aprile, ad esempio, l'umidità relativa è maggiore di quella invernale; il vento è debole; l'evaporazione risulta minima fra tutte quelle osservate negli stessi mesi invernali, per quanto la temperatura dell'aria sia notevolmente più elevata.

L'azione dell'umidità e del vento prevale in modo evidente su quella stessa dovuta alla diretta radiazione solare; troviamo infatti i massimi valori dell'evaporazione in novembre, quando il termometro a bulbo nero ha la media di 54°.8, e la minima in aprile con termometro a 60° in media. Può darsi che il minimo di aprile sia stato fenomeno occasionale locale per il canale sud di Massaua. Infatti passando ad Aden, in fine di aprile, l'evaporazione che nel corso del mese aveva oscillato fra 5 e 10 mm., passò rapidamente a valori fra 15 e 19 mm. al giorno.

Un deciso aumento dell'evaporazione media si ebbe in maggio; nella traversata del mar Rosso, lungo l'asse centrale si ebbero normalmente da 10 a 12 mm., al giorno, indipendentemente dalla latitudine, sino al golfo di Suez.

L'evaporazione massima si ebbe nel mese di novembre, nella zona tra la costa Eritrea e le Dahalak: circa 21 mm. in media, al giorno. In questo mese la temperatura dell'acqua è prossima ai valori massimi annui (32°); ciò contribuisce fortemente ad una maggiore evaporazione, per l'accresciuta tensione di vapore. Anche in pieno mare, fra il golfo di Suez e Massaua, negli ultimi giorni di ottobre l'evaporazione risultò oscillante fra 12 e 17 mm.

§ 20. — Per quanto si debba attribuire alle cifre esposte un significato di semplice stima dell'ordine di grandezza, per le ragioni esposte, si vede tuttavia che siamo di fronte a valori dell'evaporazione marina molto più elevati di quanto finora siasi stimato per le zone oceaniche equatoriali e per lo stesso mar Rosso. Abbiamo già discusso nella parte I^a « Correnti e maree » il procedimento indiretto usato dal Krümmel per valutare l'evaporazione annua del mar Rosso, e abbiamo concluso che la stima di m. 2.5 per tale grandezza non risulta attendibile. Abbbiamo invece ammesso che lo spessore dello strato acqueo evaporato in un anno debba essere di almeno m. 3.5 cioè doppio circa di quello che viene stimato per le zone oceaniche. Dalle misure dirette ora ricordate risulta che effettivamente l'evaporazione media giornaliera nel corso dell'anno supera probabilmente 10 mm., essendo presumibile che nei mesi estivi si debbano avere valori o superiori o almeno intermedi fra quelli da noi rilevati e riassunti nel prospetto del § 18 L'evaporazione del mar Rosso raggiunge e supera forse il limite di m. 3,5. I dati delle stazioni costiere egiziane si accordano con questo risultato; le medie diurne fra Tor e Suakin, qualora vengano ridotte ad essere confrontabili coll'evaporazione dell'acqua esposta liberamente al sole, danno valori molto maggiori di quelli da noi osservati in mare, e portano ad assegnare all'evaporazione totale annua un valore di forse 6-7 m., che si accorda con quello di almeno 4 m. che si trova per il mare.

L'estensione limitata delle nostre osservazioni; l'apparecchio rudimentale adottato; le postazioni sempre diverse della nave; ecc. non consentono una più fine discussione dei risultati ottenuti in relazione coi fattori meteorologici da cui essi dipendono. L'ordine di grandezza dei dati trovati per l'evaporazione

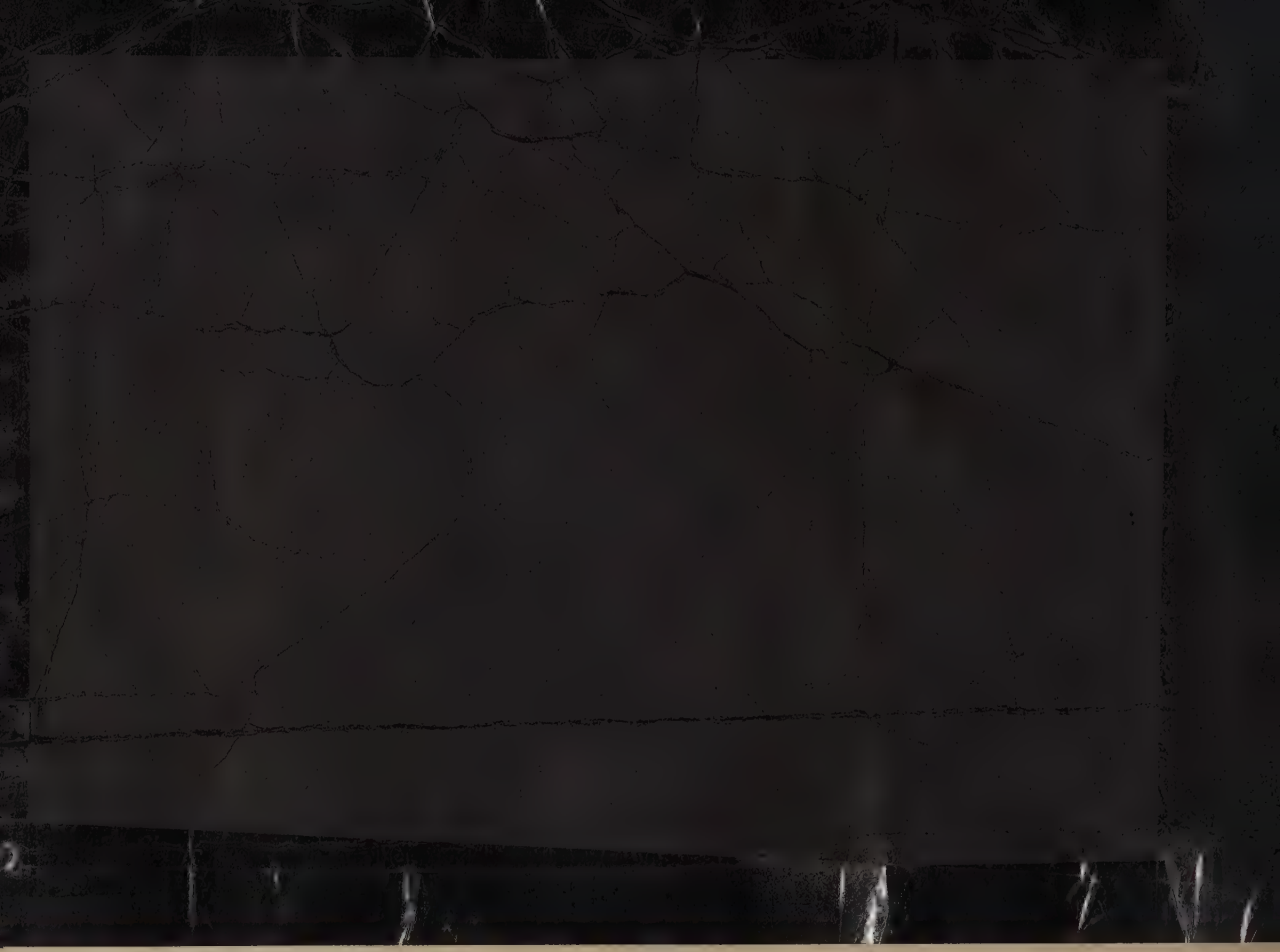
nel mar Rosso ha tuttavia un interesse speciale, in quanto per la prima volta in luogo di dati puramente ipotetici, si posseggono valori direttamente osservati.

L'elevatissimo valore dell'evaporazione favorisce molto l'industria delle saline, che fiorisce a Massaua e ad Aden, e sta ora estendendosi ad altre località delle noste colonie dell'Eritrea e della Somalia.

§ 21 — Osserviamo infine che fra i risultati delle misure di evaporazione e quelli esposti nella trattazione sulle ricerche ottiche (Cap. IV) si presenta un contrasto che deve essere chiarito: il calore fornito all'acqua dalla diretta radiazione solare, nel corso di un giorno o di un anno, è inferiore a quello necessario per compensare il calore perduto (600 calorie per cm^3) nell'evaporazione osservata in un corrispondente intervallo di tempo; il calore del sole basterebbe appena per svaporare circa 2 metri di acqua all'anno; i nostri dati, e quelli stessi che abbiamo giudicato come in difetto, sono invece superiori a tale cifra. Deve dunque esistere altra sorgente, che fornisca il numero di calorie necessarie per rendere fisicamente possibile l'alta evaporazione osservata. Questa sorgente va cercata in parte nelle correnti, ma in misura maggiore negli afflussi di calore dall'aria all'acqua, specialmente durante i lunghi periodi di vento, che portano a transitare, in intimo contatto colle agitate acque marine, enormi masse aeree di lontana provenienza più calde dell'acqua (§ 5). Discuteremo la questione da un punto di vista più completo nella trattazione sul regime termico delle acque del mar Rosso

ERRATA - CORRIGE

		ERRATA	CORRIGE
Pag. 310	Ultima riga	$\varepsilon = \pm$ 11". 8	$\varepsilon = \pm$ 1". 18
» 316	Riga 2ª	1923	1924
» 331	Colonna ultima, riga 1ª	$+ 2^h 52^m 52^s.11$	$+ 2^h 52^m 25^s.11$
» 333	Col. ultima, riga 1ª	$- 0^h 0^m 0^s.51$	$- 0^h 0^m 0^s.15$
» 333	Col. 6ª, riga 1ª	$1^h 40^m 22^s.89$	$1^h 41^m 22^s.89$
» 365	Col. 1ª della tabella, riga ultima	$0^s.5077535$	$0^s.5077538$
» 374	Riga 1ª dopo la tabella	$S_m = 0^s.5010788$	$S_m = 0^s.5080788$
» 384	Col. ultima della tab., riga ultima	$0^s.5085437$	$0^s.5085537$
» 392	Col. 13ª, riga 17ª	+ 0. 43	- 0. 43
» 392	Col. ultima, riga 9ª	92433	82433
» 395	Col. ultima della tab., riga ultima	0. 5093385	0. 5083385
» 399	Riga 14ª	$2g_b A\ 3g_b A^2$	$2g_b A + 3g_b A^2$
» 400	Col. 2ª della tabella, riga 2ª	0. 5080758	0. 5080788
» 401	Col. 3ª della tabella, riga 2ª	29 51 53	29 57 53
» 416	Tabella calcolo di $\frac{M}{H}$ - Colonna ultima, riga 3ª	4202. 67	4702. 67
» 423	2ª Tabella - Col. 3ª, riga 2ª	0. 33021	0. 33901
» 425	Riga ultima	0. 33993	0. 33933
» 435	Tabella ultima - Col. 3ª, riga 2ª	0. 34791	0. 34721
» 454	Riga 2ª	1925. 0	1924. 0



DETERMINAZIONI ASTRONOMICHE DI COORDINATE GEOGRAFICHE

ESEGUITE DALLA R. NAVE " AMMIRAGLIO MAGNAGHI „ (1923-1924)

RELAZIONE DEL CAPITANO DI CORVETTA **MARIO CUGIA**

Determinazioni astronomiche di coordinate geografiche

METODI E STRUMENTI ADOPERATI

Determinazioni di longitudine

a) — *Determinazione dei tempi* — Per le determinazioni del tempo locale fu usato lo strumento dei passaggi a cannocchiale spezzato Bamberg, di proprietà dell'I. I. Lo strumento era montato su treppiedi di legno legato con spranghe di ferro, mediante perni a dado.

L'impianto era fatto preferibilmente su piattaforme rocciose e, dove non era possibile altrimenti, su basamenti di terreno battuto e grosse pietre cementate.

Per valore di una parte della livella dell'asse orizzontale fu adottato quello di $0^s.0655$ ricavato con numerose determinazioni eseguite da vari osservatori col prova livelle dell'I. I.

La registrazione degli appulsi era fatta col micrometro autoregistratore sulla striscia di un cronografo Cavignato. La spedizione recava con sè tre cronometri provvisti di contatti elettrici: il Nardin n. 84/9584 ed il Frodsham n. 3467, ambedue siderei, ed il Kullberg n. 4641 a tempo medio.

Tutti gli strumenti per la determinazione del tempo erano riuniti entro un casotto di tela, con leggera armatura di bronzo, a cielo mobile, di facile trasporto e di rapido montamento.

Le differenze di longitudine furono determinate rispetto al casotto astronomico della Stazione R. T. di Massaua. Le osservazioni di Massaua furono eseguite dal Tenente di Vascello C. D'Arienzo, direttore dei servizi R.T. in Eritrea. Come valore della longitudine del casotto astronomico fu assunto il valore provvisorio di $2^h37^m55^s,40$ E. G. determinato dal signor D'Arienzo mediante i segnali ritmici di Bordeaux.

Fu usato lo strumento dei passaggi Salmoiraghi, impiantato a Massaua per il servizio del segnale orario. Lo strumento, a oculare spezzato, è montato su pilastrino in muratura, entro un casotto di legno, provvisto nel soffitto di sportelli mobili, secondo la traccia del meridiano. Per valore di una parte della livella dell'asse orizzontale fu adottato il valore di $0^s,158$ determinato col prova-livelle dell'I. I. Gli appulsi erano registrati col tasto a mano sulla striscia di un cronografo Cavignato. Per le osservazioni fu sempre usato il cronometro a tempo sidereo Nardin n. 51.

Per le osservazioni astronomiche nelle stazioni di base e di campagna erano preparati identici programmi stellari, ma spesso le condizioni meteorologiche obbligarono a modificarli opportunamente. Tutte le sere fu determinata la parallasse delle penne del cronografo, della quale è stato tenuto conto nel calcolo; alle ascensioni rette è stata sempre applicata la correzione per l'aberrazione. Per le osservazioni eseguite col micrometro impersonale è stata applicata la riduzione al semi contatto.

b) — *Confronto R. T. dei cronometri* — I segnali R. T. per il confronto dei cronometri erano emessi dalla stazione R.T. di Massaua, secondo lo schema usato in Italia per le determinazioni eseguite nell'autunno del 1922. A Massaua e nella stazione di campagna i segnali erano ricevuti con due identici apparati da campo a quadro, con amplificatore a otto valvole Allocchio-Bacchini e apparecchio autoregistratore Pession.

Il complesso della stazione si dimostrò abbastanza buono, ma ingombrante per il trasporto. L'apparato autoregistratore diede scarsi risultati, perchè di delicata regolazione, nè fu mai possibile ottenerne il sicuro funzionamento nelle stazioni di campagna, per cui i segnali vi furono sempre registrati a mano: a Massaua invece la registrazione della prima parte della segnalazione fu eseguita automaticamente.

Da varie prove eseguite non risultò esservi sensibile differenza di equazione personale tra gli osservatori astronomici e tra gli operatori radiotelegrafici, per cui nel calcolo non se ne è tenuto conto. Si è tenuto conto invece, quando necessario, e cioè allorchè la registrazione dei segnali R. T. a Massaua era fatta automaticamente, del ritardo portato dalla registrazione a mano nella stazione di campagna, computando tale ritardo a $0^s,30$, quale risulta dalle prove fatte presso l'I. I.

Determinazioni di latitudine

Per le determinazioni di latitudine fu usato un telescopio zenitale Troughton & Simms, modello piccolo, di proprietà dell'I. I., impiegando il metodo di Horrebow-Talcott.

Per valore di una parte di livella fu assunto il valore di $2'',18$, ricavato dalle determinazioni eseguite col prova livella dell'I. I. Il passo del micrometro fu determinato nel corso della campagna con osservazioni di coppie di stelle ricavate dal catalogo di Boss e il valore adottato per i calcoli è $R = 85'',479$.

Lo strumento era montato su treppiedi identico a quello usato per lo strumento dei transiti. Era sistemato in prossimità del casotto di protezione dello strumento dei transiti e, quando non adoperato, era protetto con una cappa di lana e una impermeabile.

I programmi di osservazione furono compilati con la scorta del catalogo del Boss del 1900, al quale si riferiscono tutti i numeri indicanti le stelle.

La correzione per la rifrazione differenziale è stata ricavata dalla tavola del Bowie *(Determination of time, longitude, latitude and azimuth - Special publication n. 14; U. S. Coast and geodetic survey. Washington 1915)*. Non si è tenuto conto nel calcolo delle correzioni di riduzione al meridiano e per la riduzione al livello del mare, perchè trascurabili.

La posizione degli strumenti astronomici rispetto ai punti di cui erano richieste le coordinate astronomiche, fu sempre determinato col tacheometro, mediante ripetuti azimut del sole, nelle due posizioni del C. V., e distanze misurate con la fettuccia metrica o con la stadia.

STAZIONE ASTRONOMICA DI CAPO GUARDAFUI

Determinazione della differenza di longitudine

Nel mese di marzo fu eseguita la determinazione astronomica delle coordinate geografiche del faro « Francesco Crispi », che stava per essere inaugurato sul Capo Guardafui.

L'impianto degli strumenti fu eseguito il giorno 8 marzo. Lo strumento dei transiti fu sistemato in un punto nel quale il massiccio roccioso presentava uno spiazzo circolare del diametro di circa m. 1.50. Le estremità del treppiedi furono fissate con cemento.

In corrispondenza della verticale del centro dello strumento fu scalpellato un foro della profondità di cm. 4, nel quale fu incastrata e cementata una moneta di rame da un quarto di anna, con incisi due diametri in croce sulla faccia visibile. La piastrina risulta a m. 140 per 283°26′ dal faro.

Dovetti scegliere una posizione così lontana dal faro, perchè l'unica che offrisse un certo riparo dal vento che, durante la notte, soffiava spesso impetuoso.

Le condizioni del tempo e del cielo furono decisamente avverse allo svolgersi delle operazioni, anche nei riguardi della ricezione R. T.

Un'osservazione, parziale per lo stato del cielo che non permise nemmeno l'osservazione di stelle circumpolari, fu eseguita la sera del 10 marzo, nella quale, per un errore grossolano nella rettifica dello strumento, si ebbe un errore d'azimut eccezionalmente forte: il valore della correzione assoluta del cronometro ricavata per quella sera e il conseguente valore della differenza di longitudine può essere accettato solamente per controllo.

Nelle serate successive del 12 e 13 si poterono eseguire delle osservazioni di tempo, dalle quali fu permesso di seguire l'andamento del cronometro. La sera del 14, per avaria ai contatti elettrici del cronometro sidereo, dovetti usare per le osservazioni un cronometro a tempo medio, del quale determinai la correzione assoluta. Nelle sere del 12, 13 e 14 non furono ricevuti i segnali R.T. di Massaua.

La sera del 15 potei fare due buone osservazioni di tempo, prima e dopo la trasmissione di Massaua che, per quanto solo parzialmente, fu ricevuta bene.

Mi servii del cronometro a tempo medio, del quale ridussi i tempi a siderei, riferendoli a un unico istante iniziale.

Anche a Massaua le osservazioni astronomiche furono ostacolate dalle condizioni dell'atmosfera e poterono essere fatte solamente nelle serate del 9, 13, 16 marzo.

Nella tabella I sono riuniti i calcoli eseguiti sulle osservazioni di Capo Guardafui, per le serate in cui fu possibile percepire i segnali R. T.; la tabella II riassume i dati e i calcoli relativi alle osservazioni di Massaua.

Tabella I

CAPO GUARDAFUI — (Osservatore Cugia)

10 Marzo 1924 - Cronometro Frodsham N° 3467

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
1 Cancri	+ 15° 59′	— 0ˢ.06		7ʰ 52ᵐ 4ˢ.54	4ʰ 53ᵐ 28ˢ.03	— 0ˢ.06	+ 9ˢ.80	+ 2ʰ 59ᵐ 3ˢ.70
κ Geminorum	+ 28 0	— 0 .34		58 52 .17	59 6 .08	— 0. 37	— 43 .47	3. 62
1197 Br	— 3 40	— 0 .06		8 21 52 .89	5 23 21 .08	— 0. 06	+ 37 .86	3. 95
δ Hydrae	+ 5 58	— 0 .24		33 39 .11	34 49 .44	— 0. 24	+ 14 .03	3. 70
								$K_1 = + 2^h 59^m 3^s.77$ [±0.09]
Dopo i segnali								
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ. 34		11ʰ 33ᵐ 4ˢ.82	8ʰ 34ᵐ 30ˢ.16	— 0ˢ.33	+ 29ˢ.26	3ˢ. 92
γ Virginis	+ 6 57	— 0 . 54		41 58 .54	43 6 .67	— 0. 54	+ 12 .63	4 . 50
1613 Br	+ 16 4	— 0 . 82		51 47 .42	52 33 .20	— 0. 85	— 9 .82	4 . 40
σ Virginis	+ 9 9	— 0 . 22		12 1 21 .59	9 2 24 .87	— 0. 22	+ 7 .01	4 . 72
η Virginis	— 0 15	— 0 . 20		16 2 .36	17 27 .54	— 0. 20	+ 29 .45	4 . 27
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 . 28		38 3 .54	39 3 .27	— 0. 28	+ 4 .21	4 . 48
ε Virginis	+ 11 22	— 0 . 59		58 24 .80	59 20 .56	— 0. 60	0 .00	4 . 24
80 Ursae maj. *g*	+ 55 23	— 1 . 13	— 138ˢ. 51	13 22 12 .84	10 20 25 .61	— 1. 45	— 163. 10	[4 . 13]
								$K_2 = + 2^h 59^m 4^s. 36$ [±0.09]

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali (Tc = 7ʰ 13ᵐ) $K = + 2^h 59^m 4^s.06$ [±0.13]

Annotazioni: Vento forte - Serata molto umida - Obbiettivo continuamente velato dall'umidità – Imagini fosche – Per la foschia non si sono potute osservare stelle circumpolari — Barometro 739 — Termometro 13°

Segue Tabella I

CAPO GUARDAFUI — (Osservatore Cugia)

15 Marzo 1924 - Cronometro a tempo medio Kullberg N° 4645

Stelle	δ 1924	i	a	α	T ridotto a cron. sidereo	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
51 H Cephei	+ 87° 10′	− 0ˢ.37	+ 1ˢ.45	7ʰ 5ᵐ 5ˢ.69	4ʰ 16ᵐ 11ˢ.42	− 1ˢ.90	+28ˢ.45	+ 2ʰ 49ᵐ [52.72]
λ Geminorum	+ 16 41	+ 0 .07		13 44 .24	23 52 .36	+ 0 .07	+ 0 .15	53.03
κ Geminorum	+ 24 35	+ 0 .22		39 52 .50	49 59 .76	+ 0 .23	+ 0 .35	53.09
2 Cancri	+ 15 59	+ 0 .22		52 41 .46	5 2 48 .60	+ 0 .31	+ 0 .10	52.96
g Girafae	+ 75 59	− 0 .06	+ 1 .35	8 10 4 .80	20 17 .13	− 0 .11	+ 5 .43	[53.10]
1197 Br	− 3 40	+ 0 .31		21 52 .82	31 59 .53	+ 0 .30	− 0 .39	52.90
2 Cancri	+ 29 2	+ 0 .01		42 7 .17	52 14 .49	+ 0 .01	+ 0 .48	53.16
ζ Hydrae	+ 6 14	+ 0 .31		51 23 .74	6 1 30 .80	+ 0 .31	− 0 .15	52.79
κ Cancri	+ 10 58	+ 0 .31		9 3 39 .06	13 46 .33	+ 0 .32	− 0 .03	52.70
θ Hydrae	+ 2 38	+ 0 .30		10 25 .84	20 32 .83	+ 0 .30	− 0 .23	52.78
α Lyncis	+ 34 43	+ 0 .03		16 26 .98	26 40 .96	+ 0 .03	+ 6 .80	52.82
Dopo i segnali								$K_1 = +\ 2^h\ 49^m 52^s.933 [\pm 0.032]$
λ Draconis	+ 69° 47′	− 0ˢ.04		11ʰ 26ᵐ 57ˢ.21	8ʰ 37ᵐ 7ˢ.72	− 0ˢ.06	+ 3ˢ.33	52ˢ.82
ν Virginis	+ 6 50	+ 0 .20		41 58 .57	52 5 .79	+ 0 .20	− 0 .11	52.67
1613 Br	+ 16 4	+ 0 .06		51 47 .45	9 1 54 .66	+ 0 .06	+ 0 .11	52.90
o Virginis	+ 9 9	+ 0 .21		12 1 21 .59	11 28 .99	+ 0 .21	+ 0 .07	52.67
20 Comae	+ 21 19	− 0 .08		25 55 .56	36 2 .77	− 0 .09	+ 0 .24	53.03
23 Comae	+ 23 3	− 0 .10		31 5 .24	41 12 .89	− 0 .10	+ 0 .31	52.66
α Ursaemin. (P.I.)	+ 88 37	− 0 .18	+ 1ˢ.36	1 1 49 .82	10 11 1 .14	+ 1 .36	−55 .46	[52.72]
								$K_2 = +\ 2^h 49^m 52^s.779 [\pm 0.063]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali ($T^c = 7^h\ 19^m$) $K = +\ 2^h 49^m 52^s.86\ (\pm\ 0.074)$

Osservazioni: Vento forte - Molte nuvole — Barometro 739.0 – Termometro 15°

MASSAUA — (Ossevatore D'Arienzo)

9 Marzo 1924 - cronometro Nardin N° 51

Tabella II

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
δ Hydrae	+ 5° 58′	— 0ˢ.14		8ʰ 33ᵐ 39ˢ.09	8ʰ 32ᵐ 5ˢ.02	— 0ˢ.14	— 0ˢ.13	+ 1ᵐ 33ˢ.95
ι Cancri	+ 29 2	— 0 .14		42 7 .22	40 33 .08	— 0. 14	+ 0 .20	34 .34
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0 .14		51 23 .78	49 49 .59	— 0. 14	— 0 .12	34 .07
σ² Ursae maj.	+ 67 26	— 0 .14	+ 0ˢ.76	9 3 45 .81	9 2 13 .43	— 0. 22	+ 1 .56	[33 .94]
ϑ Hydrae	+ 2 38	— 0 .14		10 25 .89	8 51 .69	— 0. 14	— 0 .17	34 .03
Dopo i segnali								$K_1 = + 1^m 34^s.10 [\pm 0.074]$
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.08		11ʰ 33ᵐ 4ˢ.79	11ʰ 31ᵐ 30ˢ.50	— 0ˢ.08	— 0ˢ.10	34ˢ.19
ν Virginis	+ 6 57	— 0 .08		41 58 .51	40 24 .25	— 0 .08	— 0 .05	34 .21
π Virginis	+ 7 2	— 0 .08		56 59 .97	55 25 .66	— 0 .08	— 0 .06	34 .26
o Virginis	+ 9 9	— 0 .08		12 1 21 .56	59 47 .17	— 0 .08	— 0 .04	34 .35
η Virginis	— 0 14	— 0 .08		16 2 .36	12 14 27 .90	— 0 .08	— 0 .10	34 .36
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 .08		38 3 .50	36 29 .34	— 0 .08	— 0 .03	34 .23
δ Virginis	+ 3 48	— 0 .08		51 47 .65	50 13 .33	— 0 .08	— 0 .07	34 .25
ε Virginis	+ 11 22	— 0 .08		58 24 .75	56 50 .53	— 0 .08	— 0 .03	34 .25
43 Comae	+ 28 16	— 0 .08		13 8 20 .77	13 6 46 .42	— 0 .08	+ 0 .09	34 .44
ε Centauri	— 53 5	— 0 .08	+ 0ˢ.36	35 6 .05	33 31 .25	— 0 .05	— 0 .56	[34 .29]

$K_2 = + 1^m 34^s.28 [\pm 0,027]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 1^m 34^s.19 [\pm 0.079]$

MASSAUA (*Osservatore D'Arienzo*) *Segue* Tabella II.
13 Marzo 1924 – cronometro Nardin N° 51

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
λ Geminorum	+ 16° 41′	— 0ˢ.12		7ʰ 13ᵐ 44ˢ.26	7ʰ 12ᵐ 3ˢ.49	— 0ˢ.12	— 0ˢ.01	+ 1ᵐ 40ˢ.26
υ Geminorum	+ 27 4	— 0 .12		31 15 .30	29 34 .95	— 0 .13	— 0 .14	40 .21
η Geminorum	+ 24 35	— 0 .12		39 52 .47	38 12 .25	— 0 .13	— 0 .10	40 .12
ξ Argus	— 24 40	— 0 .12		46 6 .85	44 27 .01	— 0 .10	+ 0 .44	40 .28
ρ Argus	— 24 5	— 0 .12		8 4 19 49	8 2 39 .43	— 0 .10	+ 0 .44	40 .50
δ Hydrae	+ 5 58	— 0 .12		33 39 .05	31 58 .95	— 0 .12	+ 0 .10	40 .20
ι Cancri	+ 29 2	— 0 .12		42 7 .17	40 26 .70	— 0 .13	— 0 .17	40 .30
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0 .12		51 23 .73	49 43 .62	— 0 .12	+ 0 .10	40 .21
Dopo i segnali								$K_1 = + 1^m 40^s.260 [\pm 0.039]$
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.15		11ʰ 33ᵐ 4ˢ.81	11ʰ 31ᵐ 24ˢ.71	— 0ˢ.14	+ 0ˢ.17	40ˢ.39
ν Virginis	+ 6 57	— 0 .15		41 58 .54	40 18 .10	— 0 .15	+ 0 .09	40 .43
δ Virginis	+ 3 48	— 0 .13		51 47 .71	50 7 .30	— 0 .12	+ 0 .12	40 .53
π Virginis	+ 7 2	— 0 .15		56 59 .90	55 19 .72	— 0 .15	+ 0 .09	40 .27
σ Virginis	+ 9 9	— 0 .15		12 0 21 .59	59 41 .17	— 0 .15	+ 0 .07	40 .49
κ Draconis	+ 70 12	— 0 .15	— 0ˢ.62	30 17 .16	12 28 35 .31	— 0 .26	— 1 .49	[40 .36]
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 .13		38 3 .54	36 23 .15	— 0 .13	+ 0 .05	40 .44
ε Virginis	+ 11 22	— 0 .13		51 24 .81	50 44 .41	— 0 .13	+ 0 .05	40 .45
43 Comae	+ 28 16	— 0 .13		13 8 20 .84	6 40 .24	— 0 .14	— 0 .15	40 .45
								$K_2 = + 1^m 40^s.431 [\pm 0.027]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 1^m 40^s.35 [\pm 0.047]$.

MASSAUA (*Osservatore D'Arienzo*)
16 Marzo — Cronometro Nardin N° 51 *Segue* Tabella II

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
λ Geminorum	+ 15° 40′	— 0ˢ.16		7ʰ 13ᵐ 44ˢ.21	7ʰ 11ᵐ 59ˢ.54	— 0ˢ.17	— 0ˢ.01	+ 1ᵐ 44ˢ.53
β Canis min.	+ 8 26	— 0 .16		23 2 .47	21 18 .02	— 0. 16	+ 0. 10	44 .55
υ Geminorum	+ 27 4	— 0 .16		31 15 .25	29 30 .36	— 0. 18	— 0. 17	44 .72
ξ Argus	— 24 40	— 0 .16		46 6 .79	44 22 .70	— 0. 13	+ 0. 55	44 .64
β Cancri	+ 9 25	— 0 .12		8 12 24 .57	10 40 .04	— 0. 12	+ 0. 08	44 .61
ο Ursae Maj.	+ 60 58	— 0 .08	— 0ˢ.78	23 59 .23	22 13 .52	— 0. 12	— 1. 15	[44 .56]
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0 .08		51 23 .70	49 39 .30	— 0. 08	+ 0. 12	44 .52
Dopo i segnali								K_1 = + 1ᵐ 44ˢ.611 [±0.029]
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.10		11ʰ 33ᵐ 4ˢ.82	11ʰ 20ᵐ 31ˢ.43	— 0ˢ.10	+ 0ˢ.17	44ˢ.56
π Virginis	+ 7 2	— 0 .12		57 0 .01	55 15 .53	— 0. 12	+ 0. 09	44 .57
ο Virginis	+ 9 9	— 0 .12		12 1 21 .61	59 37 .03	— 0. 12	+ 0. 07	44 .65
η Virginis	— 0 15	— 0 .14		16 2 .42	12 14 17 .84	— 0. 13	+ 0. 17	44 .75
κ Draconis	+ 70 12	— 0 .14	— 0ˢ.62	30 17 .22	28 31 .04	— 0. 24	— 1. 49	[44. 69]
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 .13		38 3 .58	36 18 .98	— 0. 13	+ 0. 05	44 .65
δ Virginis	+ 3 48	— 0 .12		51 47 .74	50 3 .19	— 0. 12	+ 0. 12	44 .67
ε Virginis	+ 11 22	— 0 .12		58 24 .84	56 40 .18	— 0. 12	+ 0. 05	44 .72
43 Comae	+ 28 15	— 0 .11		13 8 20 .88	13 6 35 .92	— 0. 12	— 0. 16	44 .80
γ Hydrae	— 22 45	— 0 .11		14 48 .75	13 4 .46	— 0. 09	+ 0. 42	44 .71

K_2 = + 1ᵐ 44ˢ.675 [±0.026]

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali K = + **1ᵐ 44ˢ.64 [±0.039]**

Le correzioni assolute del cronometro di Massaua e i relativi andamenti medi possono essere così riassunti:

9 marzo K = + 1ᵐ 34ˢ.19 (± 0.079)
k medio = + 1ˢ.54
13 » 40 .35 (± 0.047)
k medio = + 1ˢ.53
16 » 44 .64 (± 0.039)

Data la piccola variazione dell'andamento del cronometro nei sette giorni considerati (del 9 al 16 marzo) è lecito assumere quale correzione assoluta per i giorni intermedi i valori interpolati.

10 marzo K = + 1ᵐ 35ˢ,71 (± 0.09)
15 » 43 .21 (± 0.06)

Usando questi valori si sono ricavati i valori della differenza di longitudine che risultano dalle tabelle III e IV.

Tabella III.

10 Marzo 1924 - **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Capo Guardafui-Massaua**

Segnale N°	CAPO GUARDAFUI			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 9^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	
I^a parte							
85	11m20s.70	+2h59m4s.06	10m24s.59	21m36s.30	+1m35s,71	23m12s.01	0h47m12s,58
86	22 .49		26 .38	38 .22		13 .93	12.45
87	24 .46		28 .35	40 .20		15 .91	12.44
88	26 .30		30 .19	42 .26		17 .97	12.22
89	28 .60		32 .49	44 .20		19 .91	12.58
90	30 .53		34 .42	46 .20		21 .91	12.51
91	32 .50		36 .39	48 .12		23 .83	12.56
92	34 .61		38 .50	50 .14		25 .85	12.75
93	36 .51		40 .40	52 .22		27 .93	12.47
94	38 .45		42 .34	54 .20		29 .91	12.43
95	40 .58		44 .47	56 .14		31 .85	12.62
96	42 .40		46 .29	58 .12		33 .83	12.46
105	50 .18		54 .07	22 6 .40		42 .11	11.96
106	52 .16		56 .05	8. 20		43 .91	12.14
107	54 .50		58 .49	10 .26		45 .97	12.42
108	56 .58		11 0 .47	13 .32		48 .03	12.44
109	58 .57		2 .46	14 .26		49 .97	12.49
110	12 0 .60		4 .49	16 .20		51 .91	12.58
111	2 .42		6 .31	18 .28		53 .99	12.32
112	4 .56		8 .45	20 .18		55 .89	12.56
113	6 .58		10 .47	22 .20		57 .91	12.56
114	8 .64		12 .53	24 .16		59 .87	12.66
115	10 .57		14 .46	26 .20		24 1 .91	12.55
116	12 .63		16 .52	28 .22		3 .93	12.59
147	50 .68		54 .57	23 6 .40		42 .11	12.46
148	52 .60		56 .49	8 .24		43 .95	12.54
149	54 .60		58 .49	10 .20		45 .91	12.58
150	56 .54		12 0 .43	12 .22		47 .93	12.50
151	58 .58		2 .47	14 .22		49 .93	12.54
152	13 0 .24		4 .13	16 .20		51 .91	12.22
153	2 .38		6 .27	18 .26		53 .97	12.30
154	4 .61		8 .50	20 .20		55 .91	12.59
155	6 .62		10 .51	22 .22		57 .93	12.58
156	8 .64		12 .53	24 .22		59 .93	12.60
157	10 .59		14 .48	26 .08		25 1 .79	12.69
158	12 .64		16 .53	28 .08		3 .79	12.74

Segue Tabella III.

Segnale N°	CAPO GUARDAFUI			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 9^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	
IIa parte 1	$14^m 50^s.48$	$+2^h 59^m 4^s.06$	$13^m 54^s.37$	$25^m 6^s.20$	$+1^m 35^s.71$	$26^m 41^s.91$	$0^h 47^m 12^s.46$
2							
3							
4	56 .58		14 0 .47	12 .32		48 .03	12.44
5	58 .66		2 .55	14 .32		50 .03	12.52
6	15 0 .64		4 .53	16 .32		52 .03	12.50
7	2 .60		6 .49	18 .30		54 .01	12.48
8	5 .62		9 .51	21 .30		57 .01	12.50
9	7 .58		11 .47	23 .30		59 .01	12.46
10	9 .52		13 .41	25 .30		27 1 .01	12.40
11	11 .36		15 .25	27 .20		2 .91	12.34
12	13 .40		17 .29	29 .22		4 .93	12.36
13	20 .57		24 .46	36 .30		12 .01	12.45
14	22 .54		26 .43	38 .30		14 .01	12.42
15	24 .50		28 .39	40 .30		16 .01	12.38
16	26 .52		30 .41	42 .30		18 .01	12.40
17	28 .52		32 .41	44 .22		19 .93	12.48
18							
19	32 .96		38 .85	48 .22		23 .93	12.92
20	35 .56		39 .45	51 .22		26 .93	12.52
21							
22	39 .60		43 .49	55 .30		31 .01	12.48
23							
24							

media $0^h 47^m 12^s.66$

Correzione per il ritardo della registrazione a mano della registrazione astronomica — 0 .30

$\Delta \lambda = 0^h 47\ 12\ .36$ E

Tabella IV.

15 Marzo 1924 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Capo Guardafui – Massaua**

Segnale N°	CAPO GUARDAFUI				MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Riduzione a cron. sid.	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 9^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	
61	$18^m12^s.68$	$+4^m26^s.45$	$+2^h49^m52^s.87$	$12^m32^s.00$	$23^m36^s.28$	$+1^m43^s.21$	$25^m19^s.49$	$0^h47^m12^s.51$
62	14 .84	45		34 .16	38 .22		21 .43	12 .73
63								
64								
65								
66	22 .20	47		41 .54	46 .20		29 .41	12 .13
67	24 .50	48		43 .85	48 .16		31 .37	12 .48
68	27 .28	48		46 .63	51 .18		34 .39	12 .24
69	29 .18	49		48 .54	53 .18		36 .39	12 .15
70	31 .28	49		50 .64	55 .20		38 .41	12 .23
71	33 .24	50		52 .61	57 .26		40 .47	12 .14
72	35 .34	50		54 .71	59 .22		42 .43	12 .28
73	42 .12	52		13 1 .51	24 6 .12		49 .33	12 .18
74	44 .50	53		3 .90	8 .16		51 .37	12 .53
75	46 .60	54		6 .01	10 .20		53 .41	12 .60
76	48 .74	54		8 .15	12 .20		55 .41	12 .74
77	50 .74	55		10 .16	14 .28		57 .49	12 .67
78								
79								
80	56 .92	56		16 .35	21 .24		26 4 .45	11 .90
81	59 .08	57		18 .52	23 .28		6 .49	12 .03
82	19 1 .08	58		20 .53	25 .26		8 .47	12 .06
83	3 .12	58		22 .57	27 .24		10 .45	12 .12
84	5 .18	59		24 .64	29 .28		12 .49	12 .15
85	11 .84	60		31 .31	36 .30		19 .51	11 .80
86	14 .10	61		33 .58	38 .28		21 .49	12 .09
87	16 .10	62		35 .59	40 .24		23 .45	12 .14
88	18 .10	62		37 .59	42 .22		25 .43	12 .16
89	20 .10	63		39 .60	44 .30		27 .51	12 .09
90	22 .12	63		41 .62	46 .22		29 .43	12 .19
91	24 .10	64		43 .61	48 .18		31 .39	12 .22
92	27 .10	65		46 .62	51 .20		34 .41	12 .21
93	28 .84	65		48 .36	53 .26		36 .47	11 .89
94	31 .06	66		50 .59	55 .20		38 .41	12 .18
95	33 .02	66		52 .55	57 .08		40 .29	12 .26
96	34 .80	67		54 .34	59 .06		42 .27	12 .17

Segue Tabella IV

Segnale N°	CAPO GUARDAFUI $t_c = 7^h$	Riduzione a cron. sid.	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	MASSAUA $t_c + 10^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	$\Delta\lambda$
97	$9^m41^s.96$	$+4^m26^s.69$	$+2^h49^m52^s.87$	$14^m\ 1^s.52$	$25^m\ 6^s.12$	$+1^m\ 33^s.21$	$26^m49^s.33$	$12^s.13$
98	43 .94	69		3 .50	8 .18		51 .39	12 .11
99	45 .86	70		5 .43	10 .14		53 .35	12 .08
100	47 .80	70		7 .37	12 .14		55 .35	12 .02
101	49 .80	71		9 .38	14 .16		57 .37	12 .01
102	51 .80	71		11 .38	16 .20		59 .41	11 .97
103	53 .84	72		13 .43	18 .20		27 1 .41	12 .02
104	56 .62	73		16 .22	21 .26		4 .47	11 .75
105	58 .76	73		18 .36	23 .20		6 .41	11 .95
106	20 0 .80	74		20 .41	25 .18		8 .39	12 .02
107	2 .84	74		22 .45	27 .08		10 .29	12 .16
108	4 .80	75		24 .42	29 .06		12 .27	12 .15
109	11 .70	77		31 .34	36 .34		19 .55	11 .79
110	13 .70	77		33 .34	38 .18		21 .39	11 .95
111	15 .74	78		35 .39	40 .20		23 .41	11 .98
112	17 .80	79		37 .46	42 .22		25 .43	12 .03
113	19 .74	79		39 .40	44 .18		27 .39	12 .01
114	21 .80	80		41 .47	46 .20		29 .41	12 .06
115	23 .80	80		43 .47	48 .12		31 .33	12 .14
116	26 .70	81		46 .38	51 .20		34 .41	11 .97
117	28 .64	82		48 .33	53 .14		36 .35	11 .98
118	30 .74	82		50 .43	55 .16		38 .37	12 .06
119	32 .78	83		52 .48	57 .12		40 .33	12 .15
120	34 .80	83		54 .50	59 .20		42 .41	12 .09

$\Delta\lambda = 0^h47^m12^s.18$ E.

Il valore della differenza di longitudine tra lo strumento dei passaggi di Massaua e la stazione astronomica di C. Guardafui che si assume è quello ottenuto dalle osservazioni di C. Guardafui del 15 marzo:

$\Delta\lambda = 0^h\,47^m12^s.18\ (\pm\ 0^s.09)$ E

Riduzione al centro del faro $+\ 0^s.27$

Massaua - Fanale C. Guardafui $\Delta\lambda = 0^h\,47^m12^s.45$ E

Massaua (Strum. passaggi) $\lambda = 2\ 37\ 55.40$ E G

Longitudine faro C. Guardafui $\lambda = 3\ 25\ 7.85$ E G

Il mattino del 16 marzo fu anche ricevuto il segnale orario di Mogadiscio col quale si ricava per il faro $\lambda = 3^h\ 25^m\ 8^s.0$ E. G., valore che è in buon accordo col precedente.

Determinazione della latitudine

Il telescopio zenitale fu sistemato su una roccia pianeggiante, circa m. 5 a Nord della posizione occupata dallo strumento dei transiti. Lo strumento fu ogni sera accuratamente livellato e ne fu verificato l'orientamento mediante vari azimut della Polare, nelle due posizioni del C.V. Le osservazioni, molto disturbate dalle nuvole e dal vento, furono fatte negli intervalli disponibili tra le due parti del programma di osservazioni per il tempo.

Si riportano il programma di osservazione e i dati di osservazione con i relativi risultati:

Tabella V

CAPO GUARDAFUI

Programma di osservazione per la determinazione della latitudine

Coppia	Stella	gr.	α 1924.0	δ 1924.0	μ_δ	s_δ
1	2595	4.1	$9^h\ 35^m\ 59^s$	$-\ 0°\ 47'\ 51''.67$	$-\ 0''.072$	$0''.11$
	2642	5.4	47 34	$+\ 24\ 45\ 14.97$	$-\ 0.193$	0.13
2	2692	4.5	10 2 58	$+\ 35\ 36\ 56.35$	$-\ 0.006$	0.15
	2706	3.7	6 53	$-\ 11\ 58\ 42.83$	$-\ 0.093$	0.10
3	2792	5.3	26 24	$-\ 0\ 14\ 49.43$	$-\ 0.028$	0.23
	2854	5.1	39 18	$+\ 23\ 35\ 12.04$	$+\ 0.005$	0.08
4	2903	6.0	49 52	$-\ 1\ 43\ 30.32$	$+\ 0.004$	0.14
	2909	4.3	51 29	$+\ 25\ 9\ 19.17$	$-\ 0.017$	0.12
5	2942	4.8	11 1 6	$+\ 7\ 44\ 48.70$	$-\ 0.047$	0.07
	2974	3.3	10 14	$+\ 15\ 50\ 40.41$	$-\ 0.086$	0.08
6	2990	4.1	17 13	$+\ 6\ 26\ 45.26$	$-\ 0.015$	0.07
	3045	6.0	30 44	$+\ 17\ 13\ 1.52$	$-\ 0.004$	0.15
7	3074	5.4	36 49	$+\ 21\ 46\ 30.90$	$-\ 0.055$	0.16
	3105	3.5	46 43	$+\ 2\ 11\ 27.34$	$-\ 0.279$	0.06
8	3123	5.5	51 46	$+\ 16\ 4\ 10.41$	$-\ 0.007$	0.26
	3139	4.6	56 59	$+\ 7\ 2\ 16.18$	$-\ 0.033$	0.09

Tabella VI.

C. GUARDAFUI — **Osservazioni e calcoli della latitudine**

DATA 1924	Coppia	Posiz. del cerchio	Letture micrometr.	Livella	Semisomma declin. apparenti	CORREZIONI Micrometro	CORREZIONI Incl.	CORREZIONI Refr.	Latitudine	*ANNOTAZIONI*
10 Marzo	2	S	50.884 49.007	22.52 27.32	+ 11°48′56″.53	+ 1′20″.3	— 5.2	0.0	+ 11°50′11″.6	Vento - Serata limpida - Imagini oscillanti - Barometro 740 - Termometro 13°.5.
»	3	S	57.382 43.015	24.15 25.80	+ 11 40 0.84	+10 14.1	— 1.8	+ 0.2	13.3	
»	4	S	55.954 45.290	24. 9 29. 7	+ 11 42 44.35	+ 7 35.8	— 5.2	+ 0.1	15.0	
»	5	S	52.210 48.468	24. 7 26. 2	+ 11 47 34.51	+ 2 39.9	— 1.6	+ 0.1	12.9	
11 Marzo	1	S	47.709 59.387	24.92 24.80	+ 11 58 30.64	— 8 19.1	+ 0.1	— 0.2	11.4	Vento forte e sabbia - Imagini oscillanti - Serata limpida - Barometro 740 - Termometro 13°.5.
»	2	S	51.075 49.234	25.15 25.42	+ 11 48 56.54	+ 1 18.7	— 0.3	0.0	11.5	
»	3	S	57.261 42.939	25.13 23.92	+ 11 40 0.85	+10 12.1	+ 1.4	+ 0.2	14.5	
»	5	S	52.115 48.447	24.87 25.05	+ 11 47 34.52	+ 2 36.8	— 0.2	+ 0.1	11.2	
12 Marzo	1	D	53.353 41.605	24.35 25.37	+ 11 58 30.63	— 8 22.1	+ 1.1	— 0.2	9.4	Vento leggero - Imagini oscill. - Atmosfera limpida - Barometro 740 - Termometro 13°.5.
»	2	S	49.722 51.441	24.95 24.97	+ 11 48 56.54	+ 1 13.5	0.0	0.0	10.0	
»	4	D	45.304 55.981	24.85 17.70	+ 11 42 44.35	+ 7 36.4	— 7.8	+ 0.1	13.0	
»	5	D	48.892 52.541	25.18 25.55	+ 11 47 34.53	+ 2 36.4	+ 0.4	+ 0.1	11.0	
14 Marzo	2	D	49.873 51.605	25.32 24.20	+ 11 48 56.54	+ 1 14.0	— 1.2	0.0	9.3	Vento leggero - Imagini fisse - Nuvole sparse che disturbano l'osservazione - Barometro 740 - Termometro 13°
»	3	D	43.642 57.979	24.47 25.40	+ 11 40 0.86	+10 12.8	+ 1.0	+ 0.2	14.9	
»	4	D	45.000 55.431	28.85 25.45	+ 11 42 44.35	+ 7 25.9	+ 3.7	+ 0.1	14.1	
»	5	D	48.610 52.262	24.62 25.27	+ 11 47 34.54	+ 2 36.1	+ 0.7	+ 0.1	11.4	
»	6	D	49.912 50.621	25.48 24.87	+ 11 49 43.68	+ 0 30.3	— 0.7	0.0	13.3	
»	7	D	56.151 43.965	24.87 25.17	+ 11 58 49.87	— 8 40.8	+ 0.4	— 0.2	9.3	
»	8	D	38.533 62.581	25.52 24.20	+ 11 33 4.11	+17 7.8	— 1.4	+ 0.3	10.8	
15 Marzo	3	D	57.018 42.710	25.12 24.42	+ 11 40 0.87	+10 11.5	+ 0.8	+ 0.2	13.4	Nuvole frequenti - Vento. - Imagini oscill. - Bar. 739.5 - Termometro 14°.5
»	5	D	52.125 48.444	24.77 24.18	+ 11 47 34.55	+ 2 37.3	+ 0.7	+ 0.1	12.1	

La media di tutti i valori ed il suo errore medio sono $\varphi = +11°\,50'\,12''.09\ (\pm 0''.40)$

Riduz. al centro del faro $+\ 2.00$

è $\varphi = +11°50'\ 14''.09\ (\pm 0''.40)$

(L'errore medio di un' osservazione è $\varepsilon = \pm 11''.8$).

Riassumendo, sono stati ricavati i valori delle coordinate geografiche del faro di Capo Guardafui:

$$\varphi = \mathbf{11^\circ\,50'\,14''.1}\ \text{N} \qquad (\pm\ 0''.40)$$
$$\lambda = \mathbf{51^\circ\,16'\,57''.8}\ \text{E G} \qquad (\pm\ 1''.35)$$

Stazione R. T. di Tohen

Sullo spiazzato della Stazione R. T. di Tohen (individuata sulla carta inglese n. 100A dalla quota 160 piedi in $\varphi = 11°44'.1$ N, $\lambda = 51°14'.0$ E.G.) è stato costruito un pilastrino in pietra e muratura, al centro del quale è stata murata una piastrina di riferimento. A partire dal pilastrino fu misurata colla fettuccia metallica una base di m. 209 che, con successivo sviluppo, fu collegata per mezzo del tacheometro, al faro di Capo Guardafui.

L'azimut dalla base fu determinato con azimut solari rilevati al tacheometro e risulta 324° 0'.

La posizione del pilastrino di Tohen rispetto al faro di Capo Guardafui calcolata dalle osservazioni eseguite, risulta a m. 11.130 per 194°5'30", dalla quale si ricava

$$\Delta\varphi = 5'\ 50''\ \text{S} \qquad \Delta\lambda = 1'\ 29'\ \text{W}$$

Le coordinate geografiche del radiofaro risultano quindi: $\varphi = \mathbf{11°44',4}$ N, $\lambda = \mathbf{51°15',5}$ E G.

STAZIONE ASTRONONICA DI RAS HAFUN

Determinazione della differenza di longitudine

Anche a Ras Hafun fu eseguita la determinazione astronomica delle coordinate geografiche del fanale di recente attivato sull'estremità orientale di quel promontorio.

Gli strumenti furono impiantati il 20 marzo 1924. Lo strumento dei transiti fu sistemato su una roccia pianeggiante a m. 17,75 per 286°47′ dal centro del fanale.

La sera del 20 fu rettificato lo strumento in azimut.

Furono eseguite determinazioni di tempo e ricevuti parzialmente i segnali di Massaua nelle serate del 21, 23, 24 marzo.

A Massaua furono eseguite osservazioni complete di tempo nelle sere del 17, 22, 23, 27 marzo.

Le tabelle VII e VIII forniscono i dati delle osservazioni di Ras Hafun e di Massaua.

RAS HAFUN - (Osservatore Cugia)

21 Marzo – (cronometro Frodsham N° 3467) Tabella VII

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
51 H Cephei	+ 87° 10′	— 0ˢ.33	+ 0ˢ.97	7ʰ 5ᵐ 33ˢ.29	4ʰ 6ᵐ 8ˢ.17	— 1ˢ.54	+ 19ˢ.15	+ 2ʰ 59ᵐ [44ˢ.27]
λ Geminorum	+ 16 40	— 0 .35		13 44 .14	13 59 .74	— 0 ,36	+ 0 .11	44 . 51
β Canis min.	+ 8 26	— 0 .36		23 2 .41	23 18 .22	— 0 .36	— 0 .04	44 . 23
υ Geminorum	+ 27 4	— 0 . 42		31 15 .18	31 31 .07	— 0 .45	+ 0 .31	44 . 42
κ Geminorum	+ 24 35	— 0 . 32		39 52 .57	40 8 .40	— 0 .34	+ 0 .26	44 . 43
χ Geminorum	+ 28 0	— 0 . 34		58 51 .99	59 8 .22	— 0 .36	+ 0 .33	44 . 10
ε Cancri	+ 29 2	— 0 . 45		8 42 7 .09	42 22 .91	— 0 .48	+ 0 .35	44 . 53
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0 . 28		51 23 .67	51 39 .46	— 0 .28	— 0 .07	44 . 14
								$K_1 = + 2^h\ 59^m\ 44^s.337\ [\pm 0.67]$
Dopo i segnali								
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.38		11ʰ 33ᵐ 4ˢ.86	8ʰ 33ᵐ 20ˢ.46	— 0ˢ.32	— 0ˢ.19	44ˢ. 21
ν Virginis	+ 6 57	— 0 . 28		41 58 .59	42 14 .24	— 0 .28	— 0 .06	44 . 29
20 Comae	+ 21 19	— 0 . 52		12 25 55 .61	9 21 11 .49	— 0 .54	+ 0 .21	44 . 33
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 . 24		38 3 .71	38 19 .32	— 0 .24	0 ,00	44 . 39
32-1-H Girafae	+ 83 50	— 0 . 67	+ 1ˢ.05	48 33 .35	48 58 .33	— 0 .79	+ 9 .37	[44 .39]
ε Virginis	+ 11 22	— 0 . 54		53 24 .93	58 40 .60	— 0 .55	+ 0 .10	44 . 43
43 Comae	+ 28 16	— 0 . 58		13 8 20 .97	10 8 36 .77	— 0 .63	+ 0 .37	44 . 57
23 Canis Ven.	+ 40 33	— 9 . 60		16 56 .08	17 12 .22	— 0 .68	+ 0 .69	44 . 55
								$K_2 = + 2^h\ 59^m\ 44^s.396\ [\pm 0.050]$

Correzione assoluta all'istante medio dei seguali ($T_c = 7^h\ 42^m$) $K = + 2^h\ 59^m\ 44^s.375\ [\pm 0{,}083]$

Annotazionni: Serata calma - Imagini fisse - Nuvole sparse frequenti – Barometro 752.6 a Termometro 16°.0

RAS HAFUN

Segue Tabella VII

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
51 H Cephei	+ 87° 10′	— 0ˢ.39	+ 2ˢ.72	7ʰ 5ᵐ32ˢ.45	4ʰ 6ᵐ40ˢ.41	— 1ˢ.81	+ 53ˢ.69	+2ʰ59ᵐ[45ˢ.72]
β Canis min.	+ 8 26	— 0 .09		23 2 .38	23 16 .55	— 0 .09	— 0 .11	45 .72
κ Geminorum	+ 27 4	— 0 .22		39 52 .37	39 7 .42	— 0 .23	+ 0 .87	45 .82
ι Cancri	+ 15 59	— 0 .27		52 41 .34	52 55 .96	— 0 .28	+ 0 .27	45 .65
χ Geminorum	+ 28 0	— 0 .46		58 51 .96	59 6 .92	— 0 .49	+ 0 .92	45 .96
1197 B_r	— 3 40	— 0 .27		8 21 52 .71	5 22 6 .36	— 0 .26	— 0 .62	45 .73
δ Hydrae	+ 5 58	— 0 .29		33 38 .94	33 52 .97	— 0 .29	— 0 .22	45 .75
ι Cancri	+ 29 2	— 0 .46		42 7 .06	42 22 .18	— 0 .49	+ 0 .98	45 .86
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0 .26		51 23 .64	51 37 .82	— 0 .26	— 0 .19	45 .63
								$K_1 = +\ 2^h\ 59^m\ 45^s.752\ [\pm 0.039]$
Dopo i segnali								
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.40		11ʰ33ᵐ 4ˢ.86	8ʰ 33ᵐ18ˢ.56	— 0ˢ.39	— 0ˢ.49	45ˢ.91
ν Virginis	+ 6 57	— 0 .56		41 58 .61	42 12 .35	— 0 .56	— 0 .16	46 .10
1613 B_r	+ 16 4	— 0 .73		51 47 .43	52 1 .55	— 0 .76	+ 0 .27	46 .15
σ Virginis	+ 9 10	— 0 .41		12 1 21 .67	9 1 35 .73	— 0 .41	— 0 .05	45 .89
η Virginis	— 0 15	— 0 .40		16 2 .45	16 16 .09	— 0 .39	— 0 .49	45 .87
20 Comae	+ 21 19	— 0 .71		25 55 .62	26 9 .91	— 0 .75	+ 0 .54	46 .25
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 .58		38 3 .66	38 17 .63	— 0 .58	0 .00	46 .00
32-1-H Girafae	+ 83 50	— 0 .89	+ 2ˢ.74	48 33 .42	49 11 .76	— 2 .37	+24 .31	[45 .97]
ε Virginis	+ 11 22	— 0 .60		58 24 .95	58 38 .91	— 0 .51	+ 0 .03	46 .07
43 Comae	+ 28 16	— 0 .79		13 8 20 .99	10 8 35 .68	— 0 .86	+ 0 .95	46 .26
23 Canis ven.	+ 40 33	— 0 .78		16 56 .10	17 11 .88	— 0 .89	+ 1 .80	46 .02
								$K_2 = +\ 2^h\ 59^m\ 46^s.052\ [\pm 0.040]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali ($T_c = 7^h\ 41^m$) $K = +\ 2^h\ 59^m\ 45^s.940\ (\pm\ 0{,}056)$

Annotazioni: Serata calma - Imagini fisse - Barometro 750 — Termometro 15°.5

RAS HAFUN — (Osservatore Cugia) *Segue* Tabella VII

24 Marzo 1923 - Cronometro Frodsham N° 3467

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
51 H Cephei	+ 87° 10′	— 0ˢ.19	+ 3ˢ. 48	7ʰ 5ᵐ32ˢ.04	4ʰ 6ᵐ54ˢ.21	— 0ˢ.89	+68ˢ,67	+2ʰ 59ᵐ [46ˢ.50]
β Canis min.	+ 8 26	— 0. 21		23 2 .36	23 15 .44	— 0. 21	— 0. 14	46 . 78
υ Geminorum	+ 27 4	— 0. 26		31 15 .12	31 29 .60	— 0. 27	+ 1. 11	46 . 63
κ Geminorum	+ 24 35	— 0. 06		39 52 .35	40 6 .68	— 0. 06	+ 0. 94	46 . 61
ι Cancri	+ 15 59	— 0. 18		52 41 .32	52 55 .08	— 0. 18	+ 0. 35	46 . 59
χ Geminorum	+ 28 0	— 0. 24		58 51 .94	59 6 .39	— 0. 26	+ 1. 18	46 . 73
g Girafae	+ 75 59	— 0. 36	+ 3ˢ. 58	8 10 4 .19	5 10 30 .94	— 0. 61	+13. 46	[46 .71]
1197 B_r	— 3 40	— 0. 01		21 52 .79	22 5 .21	— 0. 01	— 0. 83	46 . 75
δ Hydrae	+ 5 58	— 0. 33		33 38 .93	33 51 .85	— 0. 33	— 0. 28	46 . 80
ι Cancri	+ 29 2	— 0. 35		42 7 .04	42 21 .54	— 0. 37	+ 1. 25	46 . 79
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0. 18		51 23 .63	51 36 .74	— 0. 18	— 0. 24	46 . 65
								$K_1 = +\ 2^h\,59^m\,46^s.703\ [\pm 0.028]$
Dopo i segnali								
υ Leonis	— 0 24	— 0. 34		11 33. 4 .86	8 33 17 .56	— 0. 33	— 0. 62	46 . 68
ν Virginis	+ 6 57	— 0. 57		41 58 .60	42 11 .38	— 0. 58	— 0. 21	47 . 01
1613 B_r	+ 16 4	— 0. 53		51 47 .49	52 0 .89	— 0. 55	+ 0. 35	46 . 95
o Virginis	+ 9 10	— 0. 12		12 1 21 .67	9 1 34 .93	— 0. 12	— 0. 07	46 . 67
η Virginis	— 0 15	— 0. 27		16 2 .49	16 14 .97	— 0. 27	— 0. 62	46 . 90
20 Comae	+ 21 19	— 0. 47		25 55 .62	26 9 .34	— 0. 49	+ 0. 69	46 . 97
ρ Virginis	+ 10 39	— 0. 35		38 3 .67	38 16 .92	— 0. 36	0. 00	46 . 75
ε Virginis	+ 11 22	— 0. 63		58 24 .96	58 37 .96	— 0. 64	+ 0. 03	47 . 03
23 Canis ven	+ 40 33	— 0. 58		13 16 56 .12	10 17 11 .53	— 0. 66	+ 2. 29	46 . 88
								$K_2 = +\ 2^h\,59^m\,46^s.871\ [\pm 0.046]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali ($T_c = 7^h\ 53^m$) $K = +\ 2^h\ 59^m\ 46^s.819\ [\pm 0.054]$

Annotazioni: Serata calma - Nella prima parte cielo sereno e imagini chiare; nella seconda parte foschia, non è stato possibile osservare stelle circumpolari — Barometro 750 - Termometro 16°

MASSAUA - (Osservatore D'Arienzo)

17 Marzo — Cronometro Nardin N° 51 Tabella VIII

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
β Canis min.	+ 8° 26′	+ 0ˢ.07		7ʰ23ᵐ 2ˢ.27	7ʰ21ᵐ16ˢ.59	+ 0ˢ.01	— 0ˢ.09	+ 1ᵐ46ˢ.19
υ Geminorum	+ 27 4	+ 0 .04		31 15 .23	29 29 .12	+ 0. 04	+ 0. 15	46 .26
ξ Argus	— 24 40	+ 0 .02		46 6 .77	44 21 .29	+ 0. 02	+ 0. 51	45 .99
1 Cancri	+ 15 59	+ 0 .02		52 41 .42	50 55 .59	+ 0. 02	0. 00	45 .83
6 Cancri	+ 28 0	+ 0 .02		58 52 .07	57 5 .99	+ 0. 02	+ 0. 18	46 .26
β Cancri	+ 8 12	+ 0 .03		8 12 24 .55	8 10 38 .64	+ 0. 03	— 0. 08	45 .81
σ Ursae maj.	+ 60 58	+ 0 .03	+ 0ˢ.71	23 59 .20	22 12 .22	+ 0. 04	— 1. 04	[45 .94]
ι Cancri	+ 8 42	+ 0 .03		42 7 .12	40 20 .95	+ 0. 03	+ 0. 19	46 .36
								$K_1 = + 1^m46^s.100 [\pm 0.084]$
Dopo i segnali								
ν Virginis	+ 6° 57′	— 0ˢ.13		11ʰ41ᵐ58ˢ.55	11ʰ40ᵐ12ˢ.52	— 0ˢ.13	— 0ˢ.20	45ˢ.83
π Virginis	+ 7 2	— 0 .13		57 0 .02	55 14 .00	— 0. 13	— 0. 20	45 .82
σ Virginis	+ 9 9	— 0 .13		12 1 21 .62	59 35 .44	— 0. 13	— 0. 10	46 .05
χ Draconis	+ 70 12	— 0 .13	+ 1ˢ.30	30 17 .24	12 28 34 .34	— 0. 22	+ 3. 13	[46 .03]
ρ Virginis	+ 10 39	— 0 .13		38 43 .59	36 17 .44	— 0. 13	— 0. 10	46 .05
δ Virginis	+ 3 48	— 0 .13		51 47 .76	50 1 .69	— 0. 13	— 0. 26	45 .81
ε Virginis	+ 11 22	— 0 .13		58 24 .86	56 38 .70	— 0. 13	— 0. 10	46 .06
43 Comae	+ 28 26	— 0 .13		13 8 20 .90	13 6 34 .46	— 0 14	— 0. 33	46 .11
								$K_2 = + 1^m45^s.961 [\pm 0.050]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 1^m46^s.041 [\pm 0.097]$

MASSAUA

22 Marzo – Cronometro Nardin N. 51

Segue Tabella VIII

Stelle	δ 1924	i	a	α	T	Correzione i	Correzione a	K
Prima dei segnali								
β Canis min.	+ 8° 26′	— 0ˢ.01		7ʰ23ᵐ 2ˢ.38	7ʰ21ᵐ 9ˢ.99	— 0.01	+ 0.07	+ 1ᵐ 52ˢ.46
υ Geminorum	+ 27 4	— 0.01		31 15 .14	29 22 .55	— 0.01	— 0.12	52 .47
κ Geminorum	+ 24 35	— 0.01		39 52 .36	37 59 .75	— 0.01	— 0.09	52 .52
ξ Argus	— 24 40	— 0.01		46 6 .68	44 14 .73	— 0.01	+ 0.38	52 .33
β Cancri	+ 9 25	— 0.01		8 12 24 .50	8 10 32 .15	— 0.01	+ 0.06	52 .41
δ Hydrae	+ 5 58	— 0.01		33 38 .94	31 46 .57	— 0.01	+ 0.09	52 .46
ι Cancri	+ 29 2	— 0.01		42 7 .05	40 14 .35	— 0.01	— 0.15	52 .55
ζ Hydrae	+ 6 14	— 0.01		51 23 .63	49 31 .26	— 0.01	+ 0.09	52 .46
								$K_1 = +1^m 52^s.457 [\pm 0.024]$
Dopo i segnali								
υ Leonis	— 0° 24′	— 0ˢ.01		11ʰ33ᵐ 4ˢ.84	11ʰ31ᵐ12ˢ.46	— 0ˢ.01	+ 0ˢ.06	52ˢ.40
ν Virginis	+ 6 57	— 0.01		41 58 .57	40 6 .16	— 0.01	+ 0.03	52 .44
π Virginis	+ 7 2	— 0.01		57 0 .05	55 7 .67	— 0.01	+ 0.03	52 .41
ο Virginis	+ 9 9	— 0.01		12 1 21 .64	59 29 .14	— 0.01	+ 0.03	52 .53
η Virginis	– 0 14	— 0.01		16 2 .46	12 14 10 .06	— 0.01	+ 0.06	52 .46
κ Draconis	+ 70 12	— 0.01	– 0ˢ.23	30 17 .32	28 23 .49	— 0.02	— 0.55	[52.48]
ρ Virginis	+ 10 39	— 0.01		38 3 .63	36 11 .19	— 0.01	+ 0.02	52 .46
δ Virginis	+ 3 48	— 0.01		51 47 .81	49 55 .44	— 0.01	+ 0.05	52 .42
ε Virginis	+ 11 22	— 0.07		58 24 .92	56 32 .49	— 0.07	+ 0.02	52 .45
γ Hydrae	— 22 46	— 0.15		13 14 48 .83	13 12 56 .57	— 0.13	+ 0.15	52 .41
								$K_2 = +1^m 52^s.442 [\pm 0.013]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = +1^m 52^s.451 [\pm 0.027]$

MASSAUA

23 Marzo – Cronometro Nardin N° 51

Segue Tabella VIII

Stelle	δ 1924	i	a	α	Tc	Correzione i	Correzione a	K
Prima dei segnali								
λ Geminorum	+ 16° 41′	+ 0ˢ.01		7ʰ 13ᵐ 44ˢ .09	7ʰ 11ᵐ 50ˢ .17	+ 0ˢ.01	— 0ˢ.01	+ 1ᵐ 53ˢ .91
β Canis min.	+ 8 26	+ 0. 01		23 2 .36	21 8 .43	+ 0. 01	+ 0. 16	54 . 09
κ Geminorum	+ 24 35	+ 0. 01		39 52 .35	37 58 .41	+ 0. 01	— 0. 20	53 . 74
β Cancri	+ 9 25	+ 0. 01		8 12 24 .49	8 10 30 .74	+ 0. 01	+ 0. 14	53 . 89
ο Ursae maj.	+ 60 58	+ 0. 01		23 59 .02	22 3 .29	+ 0. 01	— 1. 83	[53 .90]
δ Hydrae	+ 5 58	+ 0. 01	— 1ˢ.25	33 38 .93	31 45 .24	+ 0. 01	+ 0. 20	53 . 89
ι Cancri	+ 29 2	+ 0. 01		42 7 .03	40 12 .94	+ 0. 01	— 0. 14	53 . 95
ζ Hydrae	+ 6 14	+ 0. 01		51 23 .62	49 29 .87	+ 0. 01	+ 0. 20	53 . 95
α Cancri	+ 12 9	+ 0. 01		54 20 .91	52 27 .10	+ 0. 01	+ 0. 07	53 . 88
α Hydrae	— 8 19	+ 0. 01		9 23 52 .35	9 21 58 .76	+ 0. 01	+ 0. 50	54 . 09
								$K_1 = + 1^m 53^s.932 [\pm 0.037]$
Dopo i segnali								
ν Virginis	+ 6° 57′	+ 0ˢ.07		11ʰ 41ᵐ 58ˢ .57	11ʰ 40ᵐ 4ˢ .78	+ 0ˢ.07	+ 0ˢ.07	53 . 86
ε Corvi	— 22 12	+ 0. 07		12 6 14 .50	12 4 21 .03	+ 0. 06	+ 0. 31	53 . 78
η Virginis	— 0 14	+ 0. 07		16 2 .47	14 8 .67	+ 0. 06	+ 0. 13	53 . 93
κ Draconis	+ 70 12	+ 0. 07	— 0ˢ.47	30 17 .32	28 22 .35	+ 0. 11	— 1. 13	[53 .84]
ρ Virginis	+ 10 39	+ 0. 07		38 3 .64	36 9 .82	+ 0. 07	+ 0. 04	53 . 86
δ Virginis	+ 3 48	+ 0. 07		51 47 .81	49 54 .05	+ 0. 07	+ 0. 09	53 . 85
ε Virginis	+ 11 22	+ 0. 07		58 24 .93	56 31 .10	+ 0. 07	+ 0. 04	53 . 87
43 Comae	+ 28 16	+ 0. 07		13 08 26 .97	13 16 26 .88	+ 0. 08	— 0. 12	53 . 97
γ Hydrae	— 22 46	+ 0. 07		14 48 .84	12 55 .87	+ 0. 06	+ 0. 31	53 . 88
70 Virginis	+ 14 11	+ 0. 07		24 44 .03	22 50 .21	+ 0. 07	+ 0. 01	53 . 83
								$K_2 = + 1^m 53^s.870 [\pm 0.018]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 1^m 53^s.910 [\pm 0.041]$

MASSAUA

27 Marzo – Cronometro Nardin N° 51

Segue Tabella VIII

Stelle	δ 1924	i	a	α	Tc	Correzione i	Correzione a	K
Prima dei segnali								
β Canis min.	+ 8° 26′	— 0ˢ.18		7ʰ23ᵐ 2ˢ.29	7ʰ21ᵐ 3ˢ.68	— 0ˢ.18	+ 0ˢ.10	+ 1ᵐ58ˢ .71
υ Geminorum	+ 27 4	— 0. 18		31 15 .04	29 15 96	— 0. 19	— 0. 17	58 . 89
κ Geminorum	+ 24 35	— 0. 18		39 52 .27	37 53 .17	— 0. 20	— 0. 12	58 . 98
ξ Argus	- 24 40	— 0. 18		46 6 .58	44 8 .45	— 0. 15	+ 0. 56	58 . 69
ρ Argus	— 24 2	— 0. 16		8 4 19 .23	8 2 21 .06	— 0. 13	+ 0. 56	58 . 73
β Cancri	+ 9 25	— 0. 16		12 24 .40	10 25 .77	— 0. 16	+ 0. 09	58 . 72
o Ursae maj.	+ 60 58	+ 0. 03	— 0ˢ.78	23 58 .89	21 59 .03	+ 0. 04	— 1. 15	[58 .71]
δ Hydrae	+ 5 58	+ 0. 03		33 38 .86	31 40 .46	+ 0. 03	+ 0. 12	58 . 52
ι Cancri	+ 29 4	+ 0. 03		42 6 .98	40 8 .13	+ 0. 03	— 0. 21	58 . 64
ζ Hydrae	+ 6 14	+ 0. 03		51 23 .56	49 25 .07	+ 0. 03	+ 0. 12	58 . 61
α Cancri	+ 12 9	+ 0. 03		54 20 .86	52 22 .32	+ 0. 03	+ 0. 05	58 . 59
								$K_1 = + 1^m58^s.708 [\pm 0.043]$
Dopo i segnali								
ν Virginis	+ 6° 57	— 0ˢ.09		11ʰ41ᵐ58ˢ.58	11ʰ39ᵐ59ˢ.92	— 0ˢ.09	+ 0ˢ.12	58 . 78
o Virginis	+ 9 10	— 0. 09		12 1 21 .66	59 22 .97	— 0. 09	+ 0. 12	58 . 78
κ Draconis	+ 70 14	— 0. 09	— 0ˢ.85	30 17 .36	12 28 16 .43	— 0. 15	— 2. 05	[58 .88]
ρ Virginis	+ 10 39	— 0. 09		38 3 .67	36 4 .95	— 0. 09	+ 0. 07	58 . 79
δ Virginis	+ 3 48	— 0. 11		51 47 .85	49 49 .17	— 0. 11	+ 0. 17	58 . 85
43 Comae	+ 28 16	— 0. 15		13 8 21 .01	13 6 21 .77	— 0. 17	— 0. 21	59 . 03
γ Hydrae	— 22 46	— 0. 16		14 48 .89	12 50 .50	— 0. 14	+ 0. 57	58 . 96
70 Virginis	+ 14 11	— 0. 16		24 44 .07	22 45 .30	— 0. 16	+ 0. 03	58 . 80
ζ Virginis	— 0 12	— 0. 16		30 50 .50	28 51 .87	— 0. 15	+ 0. 23	58 . 86
								$K_2 = + 1^m58^s.856 [\pm 0.033]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 1^m58^s.764 (\pm 0.056)$

Le correzioni assolute del cronometro di Massaua e i relativi andamenti medi sono così riassunti:

17 marzo K = + 1ᵐ46ˢ. 041 (± 0.097)

k medio = + 1ˢ. 28

22 » 52. 451 (± 0.027)

23 » 53. 910 (± 0.041)

k medio = + 1ˢ. 21

27 » 58. 764 (± 0.055)

Accettando per i giorni intermedi 21 e 24 i valori interpolati della correzione assoluta si ha:

21 marzo K = + 1ᵐ51ˢ. 17 (± 0.100)

23 » 53. 91 (± 0.041)

24 » 55. 12 (± 0.069)

Per mezzo di questi valori è stata calcolata la differenza di longitudine Ras Hafun-Massaua per i giorni indicati.

Tabella IX.

21 Marzo 1924 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Ras Hafun–Massaua**

Segnale N°	RAS HAFUN			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 9^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	
54	$41^m\ 9^s.22$	$+2^h59^m44^s.38$	$40^m53^s.60$	$51^m16^s.10$	$+\ 1^m\ 51^s.17$	$53^m\ 7^s.27$	$0^h\ 47^m\ 46^s.35$ E
55	10 .99		55 .37	18 .08		9 .25	46 .12
56	14 .32		58 .70	21 .16		12 .33	46 .37
57	16 .10		0 .48	23 .10		14 .27	46 .21
59	20 .28		4 .66	27 .16		18 .33	46 .33
60	22 .06		6 .44	29 .18		20 .35	46 .09
73	59 .16		41 43 .54	52 6 .14		57 .31	46 .23
74	42 1 .14		45 .52	8 .13		59 .30	46 .22
75	3 .45		47 .83	10 .12		54 1 .29	46 .54
77	7 .48		51 .86	14 .12		5 .29	46 .57
78	9 .21		53 .59	16 .20		7 .37	46 .22
79	11 .50		55 .88	18 .22		9 .39	46 .49
80	14 .60		58 .98	21 .24		12 .41	45 .77
81	16 .40		42 0 .78	23 .18		14 .35	46 .43
82	18 .23		2 .42	25 .14		16 .31	46 .11
83	20 .66		5 .04	27 .18		18 .35	46 .69
84	22 .38		6 .76	29 .20		20 .37	46 .39
85	28 .97		13 .35	36 .28		27 .45	45 .90
86	31 .19		15 .57	38 .26		29 .43	46 .14
87	33 .31		17 .69	40 .24		31 .41	46 .28
88	35 .20		19 .58	42 .20		33 .37	46 .21
89	37 .09		21 .47	44 .22		35 .39	46 .08
90	38 .90		23 .28	46 .22		37 .39	45 .89
91	40 .80		25 .18	48 .20		39 .37	45 .81
92	44 .00		28 .38	51 .24		42 .41	45 .97
93	46 .30		30 .68	53 .24		44 .41	46 .27
94	48 .00		32 .38	55 .22		46 .39	45 .99
95	50 .10		34 .48	57 .20		48 .37	46 .11
96	52 .08		36 .46	59 .20		50 .37	46 .09
97	59 .50		43 .88	53 6 .24		57 .41	46 .47
98	43 1 32		45 .70	8 .24		59 .41	46 .29
99	3 .18		47 .56	10 .24		55 1 .41	46 .15
100	4 .99		49 .37	12 .24		3 .41	45 .96
101	7 .00		51 .38	14 .24		5 .41	45 .97
102	8 .89		53 .27	16 .24		7 .41	45 .86
103	10 .75		55 .13	18 .22		9 .39	45 .74
104	13 .87		58 .25	21 .18		12 .35	45 .90
106	18 .30		43 2 .68	25 .20		16 .37	46 .31
							$\Delta\lambda = 0^h47^m46^s.19$ E

Tabella X.

23 Marzo 1924 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Ras Hafun-Massaua**

Segnale N°	RAS HAFUN			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 9^h$	Correzione assoluta	$t_s = 9^h$	
4	39m 6s.72	+2h59m45s.95	38m52s.67	49m12 .30	+ 1m 53s.91	51m 6s.21	0h 47m 46s.46 E
7	12 .60		58 .55	18 .30		12 .21	46 .34
8	15 .78		39 1 .73	21 .34		15 .25	46 .48
9	17 .60		3 .55	23 .37		17 .28	46 .27
10	19 .47		5 .42	25 .28		19 .19	46 .23
11	21 .46		7 .41	27 .32		21 .23	46 .18
12	23 .04		8. 99	29 .30		23 .21	45 .78
13	30 .86		16 .81	36 .29		30 .20	46 .61
14	32 .82		18 .77	38 .30		32 .21	46 .56
15	34 .30		20 .25	40 .32		34 .23	46 .02
16	36 .74		22 .69	42 .30		36 .21	46 .48
17	38 .22		24 .17	44 .26		38 .17	46 .00
18	40 .60		26 .55	46 .22		40 .13	46 .42
20	45 .30		31 .25	51 .19		45 .10	46 .15
21	47 .48		33 .43	53 .20		47 .11	46 .32
23	51 .72		37 .67	57 .20		51 .11	46 .56
25	40 0 .59		46 .54	50 6 .26		52 0 .17	46 .37
26	2 .43		48 .38	8 .28		2 .19	46 .19
27	4 .32		50 .27	10 .34		4 .25	46 .02
28	6 .45		52 .40	12 .30		6 .31	46 .09
29	8 .62		54 .57	14 .32		8 .23	46 .34
30	10 .70		56 .65	16 .30		10 .21	46 .44
31	12 .60		58 .55	18 .30		12 .21	46 .34
32	15 .47		40 1 .42	21 .34		15 .25	46 .17
33	17 .62		3 .57	23 .34		17 .25	46 .32
34	19 .66		5 .61	25 .35		19 .26	46 .35
35	21 .48		7 .43	27 .39		21 .30	46 .13
36	23 .40		9 .35	29 .38		23 .31	46 .04
38	32 .38		18 .33	38 .32		32 .23	46 .10
39	34 .60		20 .55	40 .29		34 .20	46 .35
41	38 .42		24 .37	44 .37		38 .28	46 .09
42	40 .39		26 .34	46 .21		40 .12	46 .12
43	42 .49		28 .44	48 .22		42 .13	46 .31
44	45 .60		31 .55	51 .32		45 .23	46 .32
45	47 .26		33 .21	53 .25		47 .16	46 .08
46	49 .42		35 .37	55 .28		49 .19	46 .18
47	51 .52		37 .47	57 .28		51 .19	46 .18
48	53 .33		39 .28	59 .27		53 .18	46 .10
53	9 .48		55 .43	51 14 .36		53 8 .27	46 .16
54	11 .32		57 .27	16 .29		10 .20	46 .07
55	13 .48		59 .43	18 .33		12 .24	46 .19
							Δλ = 0h 47m 46s .24 E

Tabella XI

24 Marzo 1924 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Ras Hafun-Massaua**

Segnale N°	RAS HAFUN			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 7^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	$t_c = 10^h$	Correzione assoluta	$t_s = 10^h$	
73	$52^m\ 0^s.74$	$+2^h59^m46^s.82$	$51^m47^s.56$	$2^m\ 6^s.30$	$+\ 1^m55^s.12$	$4^m\ 1^s.42$	$0^h\ 47^m\ 46^s.14$ E
74	2 .59		49 .41	8 .27		3 .39	46 .02
75	4 .37		51 .19	10 .30		5 .42	46 .17
76	6 .28		53 .10	12 .36		7 .48	45 .62
77	8 .56		55 .38	14 .40		9 .52	45 .86
78	10 .41		57 .23	16 .32		11 .44	45 .79
79	12 .30		59 .12	18 .32		13 .44	45 .68
80	15 .72		52 2 .54	21 .18		16 .30	46 .24
81	17 .80		4 .62	23 .26		18 .38	46 .24
82	20 .10		6 .92	25 .38		20 .50	46 .42
84	23 .76		10 .58	29 .28		24 .40	46 .18
85	30 .94		17 .76	36 .58		31 .60	46 .16
86	32 .48		19 .30	38 .18		33 .30	46 .00
87	34 .40		21 .22	40 .28		35 .40	45 .82
88	36 .60		23 .42	42 .24		37 .36	46 .06
89	38 .64		25 .46	44 .28		39 .40	46 .06
91	42 .90		29 .72	48 .24		43 .36	46 .36
92	45 .32		32 .14	50 .22		46 .34	45 .80
93	47 .29		34 .11	53 .22		48 .34	45 .77
94	49 .24		36 .06	55 .22		50 .34	45 .72
95	51 .22		38 .04	57 .22		52 .34	45 .70
96	53 .20		40 .02	59 .22		54 .34	45 .68
100	53 10 .72		57 .54	16 .22		5 11 .34	46 .20
104	12 .68		59 .50	18 .20		13 .32	46 .18
109	30 .82		53 17 .64	36 .24		31 .36	46 .28
110	32 .60		19 .42	38 .22		33 .34	46 .08
111	34 .88		21 .70	40 .20		35 .32	46 .38
112	36 .63		23 .45	42 .22		37 .34	46 .11
113	38 .69		25 .51	44 .22		39 .34	46 .17
114	40 .72		27 .54	46 .22		41 .34	46 .20
116	45 .88		32 .70	51 .22		46 .34	46 .36
117	47 .80		34 .62	53 .24		48 .36	46 .26
118	49 .88		36 .70	55 .28		50 .40	46 .30
							$\Delta\lambda = 0^h47^m46^s.06$ E

Le differenze di longitudine ottenute nelle diverse serate di osservazione a Ras Hafun e i relativi errori medi (in funzione degli errori medi delle correzioni medie assolute dei cronometri delle due località) sono quindi:

21 marzo $\Delta\lambda = 0^h47^m46^s.19$ ($\pm$ 0.130)
23 » 24 ($\pm$ 0.069)
24 » 06 ($\pm$ 0.088)

Attribuendo a ogni valore O un peso p inversamente proporzionale al suo errore medio quadrato, la media ponderata M di questi questi valori e il suo errore medio μ sono ricavati dal calcolo seguente:

O	p	p O	ε O — M	p ε	ε^2	p ε^2
$0^s.19$	0. 0059	0. 001121	+ 0. 016	+ 0. 00009	0. 000256	0. 00000151
. 24	0. 0208	0. 004992	+ 0. 066	+ 0. 00137	. 004356	9060
. 06	0. 0130	0. 000780	— 0. 114	— 0. 00015	. 012256	16495
	0. 0397	0. 006893				0. 00026106
	[p]	[p O]				[p ε^2]

media ponderata $M = \frac{[p\,O]}{[p]} = 0^s.174$

errore dell'unità di peso $m_o = \pm \sqrt{\frac{[p\,\varepsilon^2]}{n-1}} = \pm$ 0.01142

$\mu = \pm \frac{m_o}{\sqrt{[p]}} = \pm$ 0.062

Si. ha quindi: $\Delta\lambda = 0^h47^m46^s.17$ ($\pm$ 0.062) E
Riduzione al centro del faro + 0. 03
Massaua - fanale Ras Hafun $\Delta\lambda = 0^h47^m46^s.20$ E
Massaua (strumento passaggi) $\lambda = 2\ 37\ 55.40$ E G.
Longitudine Fanale Ras Hafun $\lambda = 3\ 25\ 41.60$ E G.

Il cronometro fu inoltre confrontato quasi tutte le mattine col segnale orario di Mogadiscio: si ottennero i seguenti valori per longitudine del fanale:

21 marzo $\lambda = 3^h25^m41^s.6$ E G.
22 » 41. 8
23 » 41. 0
24 » 41. 0
25 » 41. 5

La media di questi valori $\lambda = 3^h25^m41^s.4$ E G. è in ottimo accordo col valore determinato mediante le differenze di longitudine di Massaua.

Determinazione della latitudine

Il telescopio zenitale fu sistemato su altra roccia pianeggiante: risultava a metri 18.75 per 301°51′ dal centro del fanale.

La livellazione e l'orientamento dello strumento furono rettificati tutte le sere.

Seguono il programma delle osservazioni e i dati osservati con i relativi risultati:

Tabella XII

RAS HAFUN — **Programma di osservazione per la determinazione della latitudine**

Coppia	Stella	gr.	α 1924.0	δ 1924.0	μ_δ	ε_δ
1	2490	5.6	$9^h\ 12^m\ 55^s$	$-\ 6°\ 2'\ 7''.27$	$0''.000$	$0''.19$
	2524	4.7	20 14	$+\ 26\ 30\ 35.63$	$-\ 0.053$	0.12
2	2582	5.4	33 12	$+\ 7\ 10\ 37.45$	$-\ 0.007$	0.15
	2612	5.8	39 36	$+\ 14\ 22\ 11.42$	$-\ 0.014$	0.16
3	2672	5.5	54 8	$+\ 12\ 48\ 27.29$	$-\ 0.029$	0.14
	2680	4.9	56 12	$+\ 8\ 24\ 34.16$	$-\ 0.027$	0.07
4	2697	4.6	10 4 3	$-\ 0\ 0\ 1.29$	$-\ 0.012$	0.15
	2742	2.6	15 47	$+\ 20\ 13\ 35.64$	$-\ 0.153$	0.06
5	2804	3.9	28 49	$+\ 9\ 41\ 53.05$	$-\ 0.006$	0.07
	2883	5.3	45 16	$+\ 10\ 56\ 50.65$	$-\ 0.033$	0.08
6	2932	4.4	58 16	$+\ 20\ 35\ 16.03$	$+\ 0.024$	0.14
	2970	5.6	11 9 52	$+\ 0\ 20\ 38.26$	$-\ 0.011$	0.14
7	3000	5.7	20 8	$+\ 1\ 49\ 30.39$	$+\ 0.002$	0.16
	3030	5.9	26 30	$+\ 18\ 49\ 41.70$	$+\ 0.002$	0.14
8	3058	4.4	33 3	$-\ 0\ 24\ 15.34$	$-\ 0.020$	0.16
	3098	4.6	44 4	$+\ 20\ 38\ 27.62$	$+\ 0.035$	0.07

Tabella XIII

RAS HAFUN — **Osservazioni e calcoli della latitudine**

DATA 1924	Coppia	Posiz. del cerchio	Letture micrometr.	Livella	Semisomma declin. apparenti	CORREZIONI Micrometro	CORREZIONI Incl.	CORREZIONI Rifr.	Latitudine	*ANNOTAZIONI*
20 Marzo	3	S	43 . 352 57 . 177	+ 24. 45 — 25. 25	+ 10°36′19″. 38	— 9′50″. 91	— 0″. 87	— 0″. 17	+ 10°26′28″. 43	Vento leggero - Nuvole frequenti - Imagini fisse - Barometro 753 - Termometro 16°
»	4	S	64 . 041 36 . 165	+ 24. 32 — 24. 50	+ 10 6 36 . 39	+ 19 51 . 41	— 0. 18	+ 0. 35	27 . 87	
»	5	S	55 . 705 45 . 451	+ 23. 75 — 25. 28	+ 10 19 11 . 46	+ 7 18 . 35	+ 1. 68	+ 0. 12	28. 35	
»	6	S	51 . 254 49 . 333	+ 20. 00 — 23. 60	+ 10 27 47 . 39	— 1 22 . 14	+ 3. 92	— 0. 02	29. 15	
»	7	S	55 . 278 45 . 374	+ 25. 35 — 25. 65	+ 10 19 26 . 45	+ 7 3 . 29	— 0. 33	+ 0. 12	29 . 53	
»	8	S	63 . 938 36 . 571	+ 26. 50 — 25. 45	+ 10 6 56 . 78	+ 19 29 . 69	+ 2. 00	+ 0. 34	28 . 81	
21 Marzo	1	D	41 . 952 59 . 403	+ 24. 72 — 25. 05	+ 10 14 2 . 94	+ 12 25 . 87	— 0. 16	+ 0. 23	29 . 39	Serata calma - Nuvole sparse verso la fine dell'osser. - Imagini fisse - Barometro 753 - Termometro 16°
»	2	D	64 . 337 36 . 580	+ 23. 60 — 25. 55	+ 10 46 13 . 37	— 19 46 . 28	+ 2. 11	— 0. 34	28. 86	
»	3	D	57 . 243 43 . 412	+ 24. 15 — 22. 97	+ 10 36 19 . 41	— 9 51 . 17	— 1. 36	— 0. 17	26 . 67	
»	4	D	36 . 642 64 . 525	+ 25. 15 — 25. 40	+ 10 6 36 . 40	+ 19 51 . 66	+ 0. 28	+ 0. 35	28 . 69	
»	5	D	44 . 802 55 . 033	+ 24. 50 — 25. 00	+ 10 19 11 . 48	+ 7 17 . 31	+ 0. 55	+ 0. 12	29 . 46	
»	6	D	51 . 041 49 . 200	+ 24. 95 — 24. 40	+ 10 27 47 . 42	— 1 18 . 64	— 0. 61	— 0. 02	28. 15	
»	7	D	45 . 442 55 . 329	+ 25. 22 — 25. 20	+ 10 19 26 . 48	+ 7 2 . 61	— 0. 02	+ 0. 12	29 . 19	
22 Marzo	2	S	35 . 928 63 . 658	+ 25. 37 — 24. 10	+ 10 46 13 . 36	— 19 45 . 17	+ 1. 39	— 0. 34	29 . 24	Serata calma - Imagini fisse - La luce lunare disturba un po' - Baromet. 752 - Termometro 16°
»	3	S	43 . 097 56 . 930	+ 24. 42 — 24. 57	+ 10 36 19 . 43	— 9 51 . 26	— 0. 15	— 0. 17	27 . 85	
»	4	S	63 . 868 35 . 955	+ 24. 77 — 25. 52	+ 10 6 36 . 43	+ 19 52 . 94	— 0. 78	— 0. 35	28 . 94	
»	5	S	55 . 741 45 . 522	+ 25. 85 — 25. 10	+ 10 19 11 . 57	+ 7 16 . 28	+ 0. 80	+ 0. 12	28 . 77	
»	6	S	49 . 598 51 . 445	+ 25. 40 — 25. 10	+ 10 27 47 . 45	— 11 8 . 90	+ 0. 33	— 0. 02	28 . 86	
»	7	S	55 . 186 45 . 340	+ 26. 45 — 24. 07	+ 10 19 26 . 50	+ 7 0 . 81	+ 2. 59	+ 0. 12	30 . 02	
»	8	S	64 . 081 36 . 691	+ 26. 35 — 24. 95	+ 10 6 56 . 84	+ 19 30 . 30	+ 1. 53	+ 0. 34	29. 34	

Segne Tabella XIII

DATA 1924	Coppia	Posiz. del cerchio	Letture micrometr.	Livella	Semisomma declin. apparenti	CORREZIONI			Latitudine	*ANNOTAZIONI*
						Micrometro	Incl.	Rifr.		
23 Marzo	2	D	64.411 36.714	+ 24.92 — 24.30	+ 10°46′13″.34	— 19′43″.76	— 0″.67	— 0″.34	+ 10°26′28″.63	Serata calma Imagini fisse - Barometro 751 - Termometro 16°
.	4	D	36.648 64.545	+ 25.65 — 24.65	+ 10 6 36.46	+ 19 52.35	— 1.09	+ 0.35	28.07	
»	5	D	44.703 54.913	+ 25.32 — 24.47	+ 10 19 11.55	+ 7 16.37	— 0.91	+ 0.12	27.13	
»	6	D	51.288 49.443	+ 25.40 — 24.72	+ 10 27 47.48	— 1 18.90	— 0.73	— 0.02	27.83	Serata calma - Leggere raffiche - Foschia, poi nuvole
24 Marzo	2	S	36.351 63.986	+ 27.40 — 31.60	+ 10 46 13.33	— 19 41.15	— 4.58	— 0.34	27.26	abbondanti - Immagini fosche - Barometro 750 - Termometro 16°,5
»	3	S	43.187 56.810	+ 27.20 — 20.07	+ 10 36 19.49	— 9 42.28	— 7.76	— 0.17	29.28	
»	4	S	63.962 36.088	+ 25.32 — 25.75	+ 10 6 36.49	+ 19 51.32	— 0.48	+ 0.35	27.68	
»	5	S	54.927 44.702	+ 26.42 — 25.90	+ 10 19 12.29	+ 7 16.97	+ 0.57	+ 0.12	29.95	Raffiche frequenti - Imagini leggerm.te fosche, ma fisse - Barometro 750.1 - Termometro 16°
25 Marzo	1	D	42.001 59.451	+ 24.90 — 25.00	+ 10 14 3.02	+ 12 25.80	+ 0.01	+ 0.23	29.06	
»	2	D	63.913 36.210	+ 25.82 — 24.52	+ 10 46 13.31	— 19 44.06	— 1.42	— 0.34	27.49	
»	3	D	57.202 43.448	+ 24.92 — 27.00	+ 10 36 19.51	— 9 47.84	— 2.26	— 0.17	29.24	
»	4	D	36.580 64.465	+ 24.10 — 24.75	+ 10 6 36.52	+ 19 51.83	+ 0.69	+ 0.35	29.39	
»	6	D	51 080 49.254	+ 25.50 — 24.72	+ 10 27 47.53	— 1 18.04	— 0.84	— 0.02	28.63	
»	7	D	45.340 55.199	+ 24.92 — 23.62	+ 10 19 26.59	+ 7 1.41	+ 1.41	+ 0.12	29.53	
»	8	D	36.273 63.706	+ 26.37 — 25.15	+ 10 6 56.94	+ 19 32.52	— 1.33	+ 0.34	28.47	

La media di tutti i valori e il suo errore medio sono: φ + 10°26′28″.66 (± 0″.13)
e l'errore medio di un'osservazione è $\varepsilon = \pm$ 0′77
Applicando la correzione di — 0″.31 per la riduzione al centro del fanale, si ottiene
per il fanale di Ras Hafun $\varphi = +$ **10°26′28″.36** (± **0″.13**)

Riassumendo i valori ricavati per le coordinate geografiche del fanale di Ras Hafun sono:

$\varphi =$ **10° 26′ 28″. 36** N (± 0″,13)
$\lambda =$ **51° 25′ 24″. 00** E G. (± 0″,86)

DETERMINAZIONI DELLA DIFFERENZA DI LONGITUDINE ASSAB-MASSAUA

Nel mese di dicembre 1923, approfittando delle determinazioni di tempo eseguite sul posto per le misure gravimetriche, lo scrivente ed il Tenente di Vascello P. F. Lupinacci, in concorso col Sig. D'Arienzo a Massaua, determinarono la differenza di longitudine Assab (obelisco Biglieri-Giulietti) - Massaua (casotto astronomico).

Lo strumento dei transiti, montato sul trepiedi, fu sistemato in prossimità dell'ingresso principale dell'alloggio del Commissario Regionale, ove si trovava la stazione gravimetrica: risultava a m. 286 per 183°28′ dall'obelisco. Le estremità del sostegno poggiavano su tre grosse pietre incastrate nel suolo ed erano ad esso cementate: la sistemazione non si dimostrò molto solida e lo strumento accusò forti variazioni di azimut. Le osservazioni astronomiche furono eseguite nelle serate del 13, 14, 15, 16 dicembre: la determinazione della $\Delta\lambda$ fu ottenuta però solamente nelle serate del 15 e del 16. La ricezione dei segnali R. T. fu ottima; a Massaua la registrazione fu automatica, ad Assab fu fatta col tasto a mano.

Nell'aprile 1924, essendosi la *Magnaghi* trattenuta alcuni giorni ad Assab, fu ripetuta la determinazione dagli stessi osservatori. La stazione fu fatta sul pilastrino in muratura eretto dalla R. N. *Scilla* nel 1886: la posizione di detto pilastrino risulta a metri 110 per 143°52′ dall'obelisco Biglieri - Giulietti.

Le osservazioni astronomiche furono molto ostacolate dal vento e dallo stato del cielo. Si potè eseguire una sola serata di osservazioni, il 22. La ricezione dei segnali fu notevolmente disturbata dalle scariche atmosferiche e dal vento. La registrazione fu automatica a Massaua, a mano ad Assab. Pochi segnali poterono essere registrati ad Assab.

I dati raccolti nelle tre serate e i calcoli relativi sono riuniti nelle tabelle seguenti (XIV a XVIII).

ASSAB Tabella XIV

15 Dicembre 1923 — Cronometro Nardin N° 84/9584

Stelle	δ 1923	i	a	α	T_c	Correzione i	Correzione a	K
Prima dei segnali				*(Osservatore Lupinacci)*				
o Piscium	+ 8° 46′	+ 0ˢ.37		1ʰ41ᵐ 22ˢ. 89	22ʰ48ᵐ56ˢ.66	— 0ˢ. 37	— 0ˢ. 32	+ 2ʰ52ᵐ25ˢ.64
δ Arietis	+ 19 33	0. 20	+ 4ˢ.64	2 13 54 . 10	23 21 29. 02	+ 0 . 21	+ 0 . 56	[25 .70]
344 B_r	+ 81 7.8	— 0. 08		36 50. 55	44 52. 89	— 0 . 19	+28 .52	25 . 70
σ Arietis	+ 14 46	+ 0. 04		47 18 . 13	54 52. 43	+ 0 . 04	+ 0 . 14	25 . 59
o Tauri	+ 8 46	+ 0. 24		3 20 43 . 84	28 17. 64	+ 0 . 24	— 0 . 37	25 . 57
γ Tauri	+ 12 40	— 0. 12		26 41 . 09	34 15. 43	— 0 . 12	— 0 . 09	25 . 66
ζ Persei	+ 31 40	— 0. 12		49 21 . 93	56 57. 98	— 0 . 13	+ 1 . 71	25 . 54
Dopo i segnali				*(Osservatore Cugia)*				$K_1 = + 2^h\,52^m25^s.617\ [\pm\ 0^s.025]$
δ Ursae Min.(P.I.)	+ 86° 37′	— 0ˢ.05	+ 4ˢ.52	17ʰ56ᵐ25ˢ.92	3ʰ 2ᵐ45ˢ.18	+ 0ˢ.18	—75ˢ.33	[26ˢ.11]
η Geminorum	+ 22 32	— 0. 21		6 10 18. 22	17 53. 05	— 0 . 22	+ 0 . 81	25 . 98
ν Geminorum	+ 20 16	— 0. 10		24 27. 76	32 2. 62	— 0 . 11	+ 0 . 63	25 . 77
ξ Geminorum	+ 12 59	— 0. 08		41 2. 15	48 36. 27	— 0 . 08	0 . 00	25 . 88
ζ Geminorum	+ 20 41	— 0. 26		59 36. 80	4 7 11. 33	— 0 . 27	+ 0 . 53	26 . 00
λ Geminorum	+ 16 41	— 0. 01		7 13 44. 18	21 18. 64	— 0 . 01	+ 0 . 27	25 . 81
26 Monocerotis	— 9 22	— 0. 29		37 37. 64	45 9. 84	— 0 . 29	+ 1 . 76	26 . 04
1 Cancri	+ 15 59	— 0. 14		52 41. 10	5 0 15. 60	— 0 . 14	+ 0 . 24	25 . 86
								$K_2 = + 2^h\,52^m25^s.906\ [\pm\ 0.038]$

Correzione assoluta all'istante media dei segnali $K = + 2^h\,52^m\,25^s.770\ [\pm\ 0.046]$

Annotazioni: Vento – Serata limpida – Imagini fisse – Barometro 761. 4 – Termometro 16°.

ASSAB

16 Dicembre 1923

Segue Tabella XIV

Stelle	δ 1923	i	a	α	T	Correzione i	Correzione a	K
Prima dei segnali				(*Osservatore Lupinacci*)				
ϑ Arietis	+ 19° 33′	— 0ˢ.03		2ʰ13ᵐ 54ˢ.11	23ʰ21ᵐ29ᵉ.58	— 0ˢ.03	+ 0ˢ.58	+ 2ʰ52ᵐ52ˢ.11
344 B_r	+ 81 7.8	+ 0.05	+ 3ᵉ.81	36 50.48	44 47.35	+ 0.12	+ 29.97	[25.10]
σ Arietis	+ 14 46	+ 0.30		47 18.13	54 52.95	+ 0.31	+ 0.15	25.02
o Tauri	+ 8 46	+ 0.01		3 20 43.84	0 28 18.26	+ 0.01	— 0.39	25.19
γ Tauri	+ 12 41	0.00		26 41.08	34 15.99	0.00	— 0.10	25.06
10 Tauri	+ 0 10	+ 0.16		33 0.18	40 33.99	+ 0.16	— 1.07	25.12
Dopo i segnali				(*Osservatore Cugia*)				K_1 = + 2ʰ52ᵐ25ˢ.100 [±0ˢ.029]
δ Ursae Min.(P.I.)	+ 86° 37′	+ 0ˢ.06	+ 5ˢ.90	17ʰ56ᵐ24ˢ.84	3ʰ 2ᵐ 21ˢ.31	— 0ˢ.16	—98ˢ.59	[24ˢ.94]
η Geminorum	+ 22 32	+ 0.12		6 10 18.22	17 53.92	+ 0.13	+ 0.87	25.17
ν Geminorum	+ 20 16	+ 0.13		24 27.78	32 3.30	+ 0.14	+ 0.68	25.16
ξ Geminorum	+ 12 59	+ 0.13		41 2.17	48 37.24	+ 0.13	0.00	24.93
λ Geminorum	+ 16 41	— 0.28		7 13 44.18	4 21 19.36	— 0.29	+ 0.29	25.11
6 Canis min.	+ 12 10	— 0.07		25 34.61	33 9.56	— 0.07	— 0.05	25.00
26 Monocerotis	+ 9 22	+ 0.08		37 37.66	45 10.67	+ 0.08	— 1.89	25.10
								K_2 = + 2ʰ52ᵐ25ˢ.078 [±0ˢ.040]

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali K = + 2ʰ52ᵐ25.089 [±0ˢ.049]

Annotazioni: Serata limpida – Imagini fisse – Vento leggero – Barometro 761.7 - Termometro 15ᵉ.9.

ASSAB

22 Aprile 1924 – Cronometro a tempo medio Kullberg N° 4641

Segue Tabella XIV

Stelle	δ 1924	i	a	α	T_c ridotto a tempo sidereo	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali				(*Osservatore Lupinacci*)				
41 Leonis min.	+ 23°35′	+ 0ˢ.10		10ʰ39ᵐ18ˢ.07	5ʰ38ᵐ59ˢ.56	+ 0ˢ.10	— 1ˢ.33	+ 4ʰ59ᵐ 17ˢ.18
λ Leonis	+ 10 57	+ 0. 12		45 16 .92	44 59 .79	+ 0. 12	+ 0. 20	17. 33
3058 B_r (P1)	+ 83 56	— 0. 06	— 6ˢ.62	22 55 1 .46	55 47 .01	+ 0. 07	+ 62.32	[17. 08]
θ Leonis	+ 15 51	+ 0. 08		11 10 16 .36	6 9 58 .71	+ 0. 08	— 0. 40	17. 25
σ Leonis	+ 6 27	+ 0. 03		17 14 .32	16 57 .08	+ 0. 03	+ 0. 73	17. 37
τ Leonis	+ 3 16	+ 0. 30		24 3 .00	23 47 .06	+ 0. 30	+ 1. 12	17. 06
υ Leonis	— 0 24	+ 0. 22		33 4 .76	32 49 .09	+ 0. 21	+ 1. 46	17. 13
								$K_1 = + 4^h59^m17^s.220 [\pm 0.049]$
Dopo i segnali				(*Osservatore Cugia*)				
ε Virginis	+ 11° 22′	+ 0ˢ.07		12ʰ58ᵐ25ˢ.09	7ʰ58ᵐ 7ˢ.91	+ 0ˢ.07	+ 0ˢ.18	17. 36
43 Comae	+ 28 16	+ 0. 08		13 8 21 .14	8 8 1 .92	+ 0. 09	— 1. 82	17. 40
23 Canis ven.	+ 40 33	— 0. 05		16 56 .27	16 35 .11	— 0. 06	— 3. 68	17. 48
ξ Virginis	— 0 12	— 0. 03		30 50 ,71	30 34 .77	— 0. 03	+ 1. 33	17. 27
263 Pi (P.S)	+ 83 8	— 0. 01	— 6. 05	44 32 .79	43 27 .59	— 0. 03	— 47.86	[17. 34]
α Bootis	+ 25 27	— 0. 14		14 6 57 .53	9 6 38 .53	— 0. 15	+ 1. 45	17. 55
λ Virginis	— 13 1	— 0. 18		15 1 .38	14 46 .70	— 0. 17	+ 2. 75	17. 45
f Bootis	+ 19 34	+ 0. 10		22 56 .76	22 38 .83	+ 0. 10	— 0. 73	17. 20
								$K_2 = + 4^h59^m17^s.387 [\pm 0.046]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 4^h59^m17^s.279 (\pm 0{,}067)$

Annotazioni: Serata di vento - Imagini fisse - Barometro 758.4 - Termometro 18° 0.

MASSAUA - (*Osservatore D'Arienzo*)

15 Dicembre 1923 — Cronometro Nardin N° 51

Tabella XV

Stelle	δ 1923	i	a	α	T	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
o Piscium	+ 8° 46′	+ 0ˢ.09		1ʰ41ᵐ22ˢ.95	1ʰ40ᵐ22ˢ.89	+ 0ˢ.09	— 0ˢ.09	— 0ʰ0ᵐ 0ˢ.51
α Piscium	+ 2 24	+ 0. 09		58 6 .99	58 6 .95	+ 0. 08	— 0. 06	— 0. 02
δ Arietis	+ 19 26	+ 0. 09		2 7 17 .43	2 7 17 .42	+ 0. 09	+ 0. 02	+ 0. 03
ν Tauri	+ 5 47	+ 0. 10		59 7 .37	59 7 .44	+ 0. 10	— 0. 04	— 0. 11
ε Tauri	+ 19 1	+ 0. 11		3 24 11 .39	3 24 11 .53	+ 0. 12	+ 0. 02	— 0. 12
α Doradus	— 55 12	+ 0. 12	+ 0ˢ.26	32 23 .01	32 22 .66	+ 0. 07	— 0. 43	— [0.08]
								$K_1 = -0^h0^m0^s.074\ [\pm 0.034]$
Dopo i segnali								
δ Ursae min.(Pl)	+ 86° 37′	+ 0ˢ.02	+ 6ˢ.25	17ʰ56ᵐ25ˢ.97	5ʰ56ᵐ21ˢ.70	— 0ˢ.07	— 4ˢ.20	+ [0ˢ.07]
η Geminorum	+ 22 32	+ 0. 03		6 10 18 .22	6 10 17 .97	+ 0. 03	+ 0. 03	+ 0. 28
ν Geminorum	+ 20 16	+ 0. 04		24 27 .76	24 27 .70	+ 0. 04	+ 0. 02	+ 0. 08
ξ Geminorum	+ 12 59	+ 0. 05		41 2 .15	41 2 .17	+ 0. 05	+ 0. 01	— 0. 01
ζ G minorum	+ 20 41	+ 0. 05		59 36 .79	59 36 .71	+ 0. 05	+ 0. 02	— 0. 10
λ Geminorum	+ 16 41	+ 0. 06		7 13 44 .18	7 13 44 .03	+ 0. 06	+ 0. 01	+ 0. 16
6 Canis min.	+ 12 10	+ 0. 07		25 34 .59	25 34 .58	+ 0. 07	— 0. 01	0. 00
ξ Puppae	— 24 39	+ 0. 08		46 6 .78	46 6 .58	+ 0. 04	— 0. 18	+ 0. 02
								$K_2 = +0^h0^m0^s.090\ [\pm 0.039]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = +0^h\ 0^m\ 0^s.083\ [\pm 0.052]$

MASSAUA

Segue Tabella XV

16 Dicembre 1923 — Cronometro Nardin N° 51

Stelle	δ 1923	i	a	α	T_c	Correzioni i	Correzioni a	K
Prima dei segnali								
η Piscium	+ 14° 56′	+ 0ˢ.05		1ʰ 27ᵐ 24ˢ.99	1ʰ 27ᵐ 24ˢ.79	+ 0ˢ.05	0ˢ.00	+ 0ʰ 0ᵐ 0ˢ.20
o Piscium	+ 8 46	+ 0. 05		41 22 .89	41 22 .59	+ 0. 05	— 0. 04	0. 26
α Piscium	+ 2 24	+ 0. 05		58 6 .99	58 6 .60	+ 0. 05	— 0. 02	0. 37
σ Arietis	+ 14 45	+ 0. 03		2 47 18 .14	47 17 .87	+ 0. 03	0. 00	0. 27
δ Arietis	+ 19 26	+ 0. 02		3 7 17 .44	3 7 17 .04	+ 0. 02	+ 0. 01	0. 41
o Tauri	+ 8 46	+ 0. 01		20 43 .85	20 43 .50	+ 0. 01	— 0. 01	0. 34
642 G_r	+ 86 24	+ 0. 01	+ 0ˢ. 11	42 25 .35	42 26 .65	+ 0. 05	+ 1. 69	[0.39]
								$K_1 = +\ 0^h0^m0^s.308\ [\pm 0.032]$
Dopo i segnali								
δ Ursae min.(Pl)	+ 86° 37′	— 0ˢ.02	+ 0ˢ.24	17ʰ 56ᵐ 25ˢ.12	5ʰ 56ᵐ 20ˢ.76	+ 0ˢ.07	— 4ˢ.03	[0ˢ.33]
ν Geminorum	+ 20 16	— 0. 02		6 24 27 .79	6 24 27 .41	— 0. 02	+ 0. 02	0. 40
ξ Geminorum	+ 12 59	— 0. 05		41 2 .16	41 1 .76	— 0. 05	— 0. 01	0. 39
λ Geminorum	+ 16 41	— 0. 08		7 13 44 .19	7 13 43 .86	— 0. 08	+ 0. 01	0. 34
6 Canis min.	+ 12 10	— 0. 10		25 34 .60	25 34 .34	— 0. 01	— 0. 01	0. 25
26 Monocer.	— 9 22	— 0. 13		37 37 .66	37 37 .24	— 0. 12	— 0. 10	0. 32
ξ Puppae	— 24 39	— 0. 08		46 6 .30	46 6 .32	— 0. 07	— 0. 17	0. 31
20 Puppae	— 15 23	— 0. 06		8 9 51 .09	8 9 50 .50	— 0. 05	— 0. 13	0. 46
								$K_2 = +\ 0^h0^m0^s.353\ [\pm 0.026]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = +\ 0^h0^m0^s.325\ (\pm 0.041)$

MASSAUA (*Osservatore D'Arienzo*)

22 Aprile 1924 — Cronometro Nardin N. 51

Segue Tabella XV

Stelle	δ 1924	i	a	α	Tc	Correzioni i	Correzioni a	K
Priwa dei segnali								
ε Leonis	+ 24° 7′	— 0ˢ.03		9ʰ41ᵐ33ˢ.15	9ʰ39ᵐ 7ˢ.30	— 0ˢ.03	— 0ˢ.62	+ 0ʰ2ᵐ25ˢ.23
η Leonis	+ 17 8	— 0.03		10 4 12 .34	10 0 47 .13	— 0.03	— 0.08	25.13
ζ Leonis	+ 23 47	0.03		12 28 .87	10 3 .19	— 0.03	— 0.58	25.10
τ Leonis	+ 9 41	— 0.03		28 49 .66	26 25 .15	— 0.03	+ 0.42	24.93
41 Leonis min.	+ 23 35	— 0.03		39 18 .07	36 52 .62	— 0.03	— 0.58	24.87
τ Leonis	+ 10 56	— 0.03		45 16 .92	42 52 .26	— 0.03	+ 0.31	24.97
3058 Br	+ 83 56	— 0.03	— 3ˢ.86	55 1 .46	53 2 .48	— 0.05	— 33.93	[25.05]
σ Leonis	+ 6 26	— 0.03		11 17 14 .32	11 14 49 .96	— 0.03	+ 0.62	24.98
υ Leonis	— 0 24	— 0.03		33 4 .75	40 40 .90	— 0.03	+ 1.03	24.90
								$K_1 = + 0^h2^m25^s.012 [\pm 0.045]$
Dopo i segnali								
43 Comae	+ 28° 15′	— 0ˢ.01		13ʰ82ᵐ21ˢ.14	13ʰ 9ᵐ55ˢ .16	— 0ˢ.01	— 1ˢ.02	24ˢ.96
70 Virginis	+ 14 11	— 0.01		24 44 .23	22 19 .25	— 0.01	+ 0.12	25.10
m Virginis	— 8 19	— 0.01		37 38 .92	35 15 .71	— 0.01	+ 1.63	24.84
τ Virginis	+ 1 54	— 0.01		57 48 .24	55 24 .23	— 0.01	+ 0.94	24.95
ρ Bootis	+ 30 42	— 0.01		28 34 .85	14 26 8 .78	— 0.01	— 1.26	24.91
γ Bootis	+ 14 3	— 0.01		37 32 .69	35 7 .88	— 0.01	+ 0.12	24.93
β Ursae min.	+ 74 27	— 0.01	— 4.08	50 58 .83	48 20 .89	— 0.02	— 13.02	[24.92]
								$K_2 = + 0^h2^m24^s.948 [\pm 0.035]$

Correzione assoluta all'istante medio dei segnali $K = + 0^h2^m24^s.987 [\pm 0.057]$

Tabella XVI

15 Dicembre 1923 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Assab-Massaua**

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 2^h$	Correzione assoluta	$t_s = 5^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	
1	$14^m 44^s.58$	$+2^h 52^m 25^s.77$	$7^m 10^s.35$	$54^m 6^s.00$	$+0^h 0^m 0^s.08$	$54^m 6^s.08$	$0^h 13^m 4^s.27$
2	46 .57		12 .34	8 .00		8 .13	4 .21
3	48 .53		14 .30	10 .00		10 .13	4 .17
4				12 .02		12 .15	
5	52 .53		18 .30	14 .00		14 .13	4 .17
6	54 .55		20 .32	16 .02		16 .15	4 .17
7	56 .58		22 .35	18 .02		18 .15	4 .20
8	58 .56		24 .33	20 .02		20 .15	4 .18
9	15 0 .56		26 .33	22 .02		22 .15	4 .18
10	2 .65		28 .42	24 .02		24 .15	4 .27
11	4 .58		30 .35	26 .04		26 .17	4 .18
12	6 .64		32 .41	28 .04		28 .17	4 .24
13	14 .64		40 .41	36 .02		36 .15	4 .26
14	16 .58		42 .35	38 .02		38 .15	4 .20
15	18 .65		44 .32	40 .04		40 .17	4 .15
16	20 .58		46 .22	42 .04		42 .17	4 .05
17	22 .45		48 .26	44 .04		44 .17	4 .09
18	24 .39		50 .16	46 .04		46 .17	3 .99
19	26 .49		52 .26	48 .04		48 .17	4 .09
20	28 .49		54 .26	50 .02		50 .15	4 .11
21	30 .48		56 .25	52 .00		52 .13	4 .12
22	32 .52		58 .29	54 .02		54 .15	4 .14
23	34 .69		8 0 .26	56 .06		56 .15	4 .11
24	36 .44		2 .21	58 .04		58 .17	4 04
25	44 .50		10 .27	55 6 .00		55 6 .13	4 .14
26	46 .52		12 .29	8 .00		8 .13	4 .16
27	48 .49		14 .26	10 .00		10 .13	4 .13
28	50 .45		16 .22	12 .00		12 .13	4 .09
29	52 .42		18 .19	14 .02		14 .15	4 .04
30				16 .04		16 .17	
31	56 .50		22 .27	18 .04		18 .17	4 .10
32	58 .50		24 .40	20 .04		20 .17	4 .23
33	16 0 .57		26 .34	22 .04		22 .17	4 .17
34	2 .59		28 .36	24 .04		24 .17	4 .19
35	4 .54		30 .31	26 .04		26 .17	4 .14
36	6 .80		32 .57	28 .02		28 .15	4 .42

Segue Tabella XVI.

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 2^h$	Correzione assoluta	$t_s = 5^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$ts = 4^h$	
37	$16^m14^s.61$	$+2^h52^m25^s.77$	$8^m40^s.38$	$55^m36^s.01$	$+0^h0^m0^s.08$	$55^m36^s.14$	$0^h13^m4^s.24$
38	16 .63		42 .40	38 .02		38 .15	4 .25
39	18 .58		44 .35	40 .02		40 .15	4 .20
40	20 .59		46 .36	42 .02		41 .15	4 .21
41	22 .40		48 .17	44 .02		44 .15	4 .02
42	24 .55		50 .32	46 .02		46 .15	4 .17
43	26 .12		52 .29	48 .02		48 .15	4 .14
44	28 .39		54 .16	50 .02		50 .15	4 .01
45	30 .40		56 .27	52 .02		52 .15	4 .12
46	32 .58		58 .35	54 .02		54 .15	4 .20
47	34 .50		9 0 .21	56 .06		56 .19	4 .04
48	36 .61		2 .38	58 .06		58 .19	4 .19
49	44 .57		10 .34	56 6 .02		56 6 .15	4 .19
50	46 .59		12 .36	8 .02		8 .15	4 .21
51	48 .51		14 .34	10 .02		10 .15	4 .19
52	50 .61		16 .38	12 .02		12 .15	4 .23
53	52 .53		18 .30	14 .04		14 .17	4 .13
54	54 .52		20 .29	16 .04		16 .17	4 .12
55	56 .56		22 .33	18 .04		18 .17	4 .16
56	58 .59		24 .36	20 .06		20 .19	4 .17
57	17 0 .53		26 .30	22 .02		22 .15	4 .15
58	2 .58		28 .35	24 .04		24 .17	4 .18
59	4 .53		30 .30	26 .10		26 .23	4 .07
60	6 .58		32 .35	28 .06		28 .19	4 .16
61	17 14 .63		10 40 .40	36 .04		36 .17	4 .23
62	16 .55		42 .32	38 .04		38 .17	4 .15
63	18 .52		44 .29	40 .04		40 .15	4 .14
64	10 .65		46 .42	42 .02		42 .17	4 .25
65	22 .59		48 .36	44 .04		44 .15	4 .21
66	74 .53		50 .30	46 .02		46 .17	4 .13
67	26 .59		52 .36	48 .04		48 .17	4 .19
68	28 .49		54 .26	50 .04		50 .17	4 .09
69	30 .57		56 .34	52 .04		52 .17	4 .17
70	32 .62		58 .39	54 .04		54 .17	4 .22
71	34 .49		11 0 .26	56 .04		56 .17	4 .09
72	36 .30		2 .07	58 .04		58 .17	3 .90

Segue Tabella XVI

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 2^h$	Correzione assoluta	$t_s = 5^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	
73	$17^m 44^s.61$	$+2^h 52^m 25^s.77$	$10^m 10^s.38$	$57^m 6^s.02$	$+0^h 0^m 0^s.08$	$57^m 6^s.15$	$0^h 13^m 4^s.23$
74	46 .54		12 .31	8 .02		8 .15	4 .16
75	48 .57		14 .34	10 .02		10 .15	4 .19
76	50 .49		16 .26	12 .04		12 .17	4 .09
77	52 .55		18 .32	14 .04		14 .17	4 .15
78	54 .52		20 .29	16 .04		16 .17	4 .12
79	56 .54		22 .31	18 .04		18 .17	4 .14
80	58 .52		24 .29	20 .04		20 .17	4 .12
81	18 0 .56		26 .33	22 .04		22 .17	4 .16
82	2 .55		28 .33	24 .04		24 .17	4 .15
83							
84							
85	14 .67		40 .44	36 .04		36 .17	4 .27
86	16 .54		42 .31	38 .04		38 .17	4 .14
87	18 .53		44 .30	40 .04		40 .17	4 .13
88	20 .56		46 .33	42 .10		42 .23	4 .10
89	22 .49		48 .26	44 .04		44 .17	4 .09
90	24 .48		50 .25	46 .04		46 .17	4 .08
91	26 .52		52 .39	48 .04		48 .17	4 .22
92	28 .54		54 .31	50 .02		50 .15	4 .16
93	30 .52		56 .29	52 .60		52 .13	4 .16
94	32 .51		58 .28	54 .02		54 .15	4 .13
95	34 .61		12 0 .38	56 .04		56 .17	4 .21
96	36 .60		2 .37	58 .04		58 .17	4 .20
97	44 .41		10 .38	58 6 .02		58 6 .15	4 .23
98	46 .51		12 .18	8 .02		8 .15	4 .13
99	48 .59		14 .36	10 .04		10 .13	4 .19
100	50 .58		16 .35	12 .04		12 .13	4 .18
101	52 .58		18 .35	14 .06		14 .19	4 .16
102	54 .55		20 .32	16 .04		16 .17	4 .15
103	56 .62		22 .39	18 .04		18 .17	4 .22
104	58 .59		24 .36	20 .04		20 .17	4 .19
105	19 0 .65		26 .42	22 .04		22 .17	4 .25
106	2 .59		28 .37	24 .08		24 .11	4 .15
107	4 .65		30 .42	26 .08		26 .11	4 .21
108	6 .61		32 .38	28 .08		28 .11	4 .17

Segue Tabella XVI.

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 2^h$	Correzione assoluta	$t_c = 4^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	
109	$19^m14^s.70$	$+2^h52^m25^s.77$	$12^m40^s.47$	$58^m36^s.06$	$+0^h0^m0^s.08$	$53^m36^s.19$	$0^h13^m4^s.28$
110	16 .60		42 .37	38 .04		38 .17	4 .20
111	18 .54		44 .31	40 .04		40 .17	4 .14
112	20 .56		46 .33	42 .04		42 .17	4 .16
113	22 .62		48 .39	44 .04		44 .17	4 .22
114	24 .57		50 .34	46 .04		46 .17	4 .17
115	26 .58		52 .35	48 .04		48 .17	4 .18
116	28 .59		54 .36	50 .04		50 .17	4 .19
117	30 .61		56 .38	52 .04		52 .17	4 .21
118	32 .67		58 .44	54 .04		54 .17	4 .27
119	34 .68		13 0 .45	56 .04		56 .17	4 .28
120	36 .71		2 .48	58 .08		58 .21	4 .27
							$\Delta\lambda = 0^h13^m4^s.21$
Correzione per il ritardo della registrazione a mano sulla registrazione antomatica							— 0 .30
							$\Delta\lambda = 0^h13^m3^s.91$ E

Tabella XVII

16 Dicembre 1923 – **Confronti R.T. per la determinazione della Δ λ Assab-Massaua**

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 1^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	
1	$34^m45^s.66$	$+2\ 52^m25^s.09$	$27^m10^s.75$	$14^m\ 6^s.04$	$+0^h0^m0^s.33$	$14^m\ 6^s.37$	$0^h13^m4^s.38$
2	47 .70		12 .79	8 .06		8 .39	4 .40
3	49 .60		14 .69	10 .00		10 .33	4 .36
4	51 .55		16 .64	12 .04		12 .37	4 .27
5	53 .60		18 .69	14 .04		14 .37	4 .22
6	55 .50		20 .59	16 .02		16 .35	4 .24
7	57 .50		22 .59	18 .02		18 .35	4 .24
8	59 .60		24 .69	20 .02		20 .35	4 .34
9	35 1 .50		26 .59	22 .02		22 .35	4 .24
10	3 .60		28 .69	24 .02		24 .35	4 .34
11	5 .60		30 .69	26 .02		26 .35	4 .34
12	7 .60		32 .69	28 .02		28 .35	4 .34
13	15 .58		40 .67	36 .02		36 .35	4 .32
14	17 .50		42 .59	38 .02		38 .35	4 .24
15	19 .50		44 .59	40 .06		40 .39	4 .20
16	21 .46		46 .55	42 .06		42 .39	4 .16
17	23 .56		48 .65	44 .08		44 .41	4 .16
18	25 .54		50 .63	46 .04		46 .37	4 .26
19	27 .46		52 .55	48 .06		48 .39	4 .16
20	29 .54		54 .63	50 .04		50 .37	4 .26
21	31 .50		56 .59	52 .04		52 .37	4 .22
22	33 .58		58 .67	54 .04		54 .37	4 .30
23	35 .56		28 0 .65	56 .08		56 .41	4 .20
24	37 .54		2 .63	58 .04		58 .37	4 .26
25	45 .14		10 .23	15 5 .54		15 5 .87	4 .36
26	47 .08		12 .17	7 .54		7 .87	4 .30
27	49 .14		14 .23	9 .62		9 .85	4 .28
28	51 .12		16 .21	11 .60		11 .93	4 .28
29	53 .04		18 .13	13 .54		13 .87	4 .26
30	55 .04		20 .13	15 .60		15 .93	4 .20
31	57 .50		22 .59	18 .00		18 .33	4 .26
32	59 .60		24 .69	20 .10		20 .43	4 .26
33	36 1 .60		26 .69	22 .10		22 .43	4 .26
34	3 .60		28 .69	24 .10		24 .43	4 .11
35	5 .50		30 .59	26 .10		26 .43	4 .16
36	7 .46		32 .55	28 .10		28 .43	4 .12

Segue Tabella XVII

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			$\Delta^1 \lambda =$
	$t_c = 1^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	
37	$36^m 15^s.58$	$+2^h 52^m 25^s.09$	$28^m 40^s.67$	$14^m 36^s.10$	$+0^h 0^m 0^s.33$	$15^m 36^s.43$	$0^h 13^m 4^s.24$
38	17 . 56		42 . 65	38 . 10		38 . 43	4 .22
39	19 . 54		44 . 63	40 . 10		40 . 43	4 .20
40	21 . 58		46 . 67	42 . 10		42 . 43	4 .24
41	23 . 56		48 . 65	44 . 10		44 . 43	4 .22
42	25 . 54		50 . 63	46 . 10		46 . 43	4 .20
43	27 . 56		52 . 65	48 . 10		48 . 43	4 .22
44	29 . 66		54 . 75	50 . 10		50 . 43	4 .32
45	31 . 52		56 . 61	52 . 10		52 . 43	4 .18
46	33 . 42		58 . 51	54 . 10		54 . 43	4 .08
47	35 . 52		29 0 . 61	56 . 10		56 . 43	4 .18
48	37 . 44		2 . 53	58 . 10		58 . 43	4 .12
49	45 . 48		10 . 57	16 6 . 10		16 6 . 43	4 .14
50	47 . 56		12 . 65	8 . 04		8 . 37	4 .28
51	49 . 44		14 . 53	10 . 10		10 . 43	4 .10
52	51 . 52		16 . 61	12 . 10		12 . 43	4 .18
53	53 . 52		18 . 61	14 . 10		14 . 43	4 .18
54	55 . 40		20 . 49	16 . 10		16 . 43	4 .06
55	57 . 28		22 . 37	18 . 04		18 . 37	4 .00
56	59 . 42		24 . 51	20 . 10		20 . 43	4 .08
57	37 1 . 50		26 . 59	22 . 08		22 . 41	4 .18
58	3 . 62		28 . 71	24 08		24 . 41	4 .30
59	5 . 54		30 . 63	26 . 08		26 . 41	4 .22
60	7 . 56		32 . 65	28 . 08		28 . 41	4 .24
61	15 . 58		40 . 67	36 . 08		36 . 41	4 .26
62	17 . 54		42 . 63	38 . 08		38 . 41	4 .22
63	19 . 52		44 . 61	40 . 08		40 . 41	4 .20
64	21 . 58		46 . 67	42 . 08		42 . 41	4 .26
65	23 . 52		48 . 61	44 . 08		44 . 41	4 .20
66	25 . 52		50 . 61	46 . 08		46 . 41	4 .20
67	27 . 50		52 . 59	48 . 08		48 . 41	4 .18
68	29 . 58		54 . 67	50 . 08		50 . 41	4 .26
69	31 . 42		56 . 51	52 . 08		52 . 41	4 .10
70	33 . 42		58 . 51	54 . 08		54 . 41	4 .10
71	35 . 38		30 0 . 47	56 08		56 . 41	4 .06
72	37 . 44		2 . 53	58 . 08		58 . 41	4 .12

Segue Tabella XVII

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 1^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s + 4^h$	
73	$37^m45^s.22$	$+2^h52^m25^s.09$	$30^m10^s.31$	$17^m\ 5^s.60$	$+0^h0^m0^s.33$	$17^m\ 5^s.93$	$0^h13^m4^s.38$
74	47 .20		12 .29	7 .60		7 .93	4 .36
75	49 .10		14 .19	9 .56		9 .89	4 .30
76	51 .00		16 .09	11 .54		11 .87	4 .32
77	52 .84		17 .93	13 .10		13 .43	4 .50
78	55 .64		20 .73	16 .10		16 .43	4 .30
79	57 .60		22 .69	18 .08		18 .41	4 .28
80	59 .50		24 .59	20 .12		20 .45	4 .14
81	38 1 .62		26 .71	22 .10		22 .43	4 .28
82	3 .52		28 .61	24 .08		24 .41	4 .20
83	5 .40		30. 49	26 .08		26 .41	4 .08
84	7 .44		32 .53	28 .08		28 .41	4 .12
85	15 .60		40 .69	36 .04		36 .37	4 .32
86	17 .60		42 .69	38 .08		38 .41	4 .28
87	19 .44		44 .53	40 .08		40 .41	4 .12
88	21 .44		46 .53	42 .06		42 .39	4 .14
89	23 .60		48 .69	44 .06		44 .39	4 .30
90	25 .58		50 .67	46 .06		46 .39	4 .28
91	27 .48		52 .57	48 .06		48 .39	4 .18
92	29 .58		54 .67	50 .10		50 .43	4 .24
93	31 .44		56 .53	52 .10		52 .43	4 .10
94	33 .38		58 .47	54 .10		54 .43	4 .04
95	35 .58		31 0 .67	56 .12		56 .45	4 .26
96	37 .54		2 .63	58 .12		58 .45	4 .18
97	45 .60		10 .69	18 6 .06		18 6 .39	4 .30
98	47 .40		12 .49	8 .06		8 .39	4 .10
99	49 .50		14 .09	10 .06		10 .39	4 .20
100	51 .38		16 .47	12 .06		12 .39	4 .08
101	53 .52		18 .61	14 .09		14 .41	4 .20
102	55 .40		20 .49	16 .06		16 .39	4 .10
103	57 .38		22 .47	18 .10		18 .43	4 .04
104	59 .50		24 .59	20 .06		20 .39	4 .20
105	39 1 .44		26 .33	22 .10		22 .43	4 .10
106	3 .38		28 .47	24 .10		24 .43	4 .04
107	5 .50		30 .59	26 .10		26 .43	4 .16
108	7 .28		32 .37	28 .08		28 .41	3 .96

Segue Tabella XVII

Segnale N°	ASSAB			MASSAUA			Δ λ
	$t_c = 1^h$	Correzione assoluta	$t_s = 4^h$	$t_c = 4^h$	Correzione assoluta	$t_s + 4^h$	
109	$39^m15^s.70$	$+2^h52^m25^s.08$	$31^m40^s.79$	$18^m36^s.12$	$+0^h0^m0^s.33$	$18^m36^s.45$	$0^h13^m4^s.34$
110	17 .48		42 .37	38 .10		38 .43	4 .14
111	19 .48		44 .47	40 .10		40 .43	4 .14
112	21 .30		46 .29	42 .10		42 .43	3 .86
113	23 .26		48 .25	44 .14		44 .47	3 .78
114	25 .32		50 .31	46 .10		46 .43	3 .88
115	27 .66		52 .65	48 .12		48 .45	4 .20
116	29 .54		54 .53	50 .10		50 .43	4 .10
117	31 .62		56 .61	52 .12		52 .45	4 .16
118	33 .60		58 .59	54 .10		54 .43	4 .16
119	35 .62		32 0 .61	56 .12		56 .45	4 .16
120	37 .60		2 .59	58 .12		58 .45	4 .14

$\Delta\lambda = 0^h13^m4^s.18$ E

Correzione per il ritardo della registrazione a mano sulla registrazione automatica — 0. 30

$\Delta\lambda = 0^h13^m3^s.88$ E

Tabella XVIII

25 Aprile 1924 – **Confronti R.T. per la determinazione della $\Delta\lambda$ Assab-Massaua**

Segnale N°	ASSAB				MASSAUA			$\Delta\lambda$
	$t_c = 7^h$	Riduz. a cron. sid.	Correzione assoluta	$t_s = 12^h$	$t_c = 11^h$	Correzione assoluta	$t_s = 11^h$	
85	$6^m\ 25^s.72$	$22^s.59$	$+4^h59^m17^s.28$	$6^m\ 5^s.59$	$50^m36^s.30$	$+0^h2^m24^s.99$	$53^m\ 1^s.29$	$0^h\ 13^m4^s.30$
86	27 .20	.60		8 .08	38 .14		3 .28	4 .80
87	29 .24	.60		10 .12	40 .24		5 .23	4 .89
88	31 .08	.61		11 .97	42 .32		7 .31	4 .66
89	33 .10	.61		13 .99	44 .22		9 .21	4 .78
90	35 .12	.62		16 .02	46 .28		11 .27	4 .75
91	37 .50	.63		17 .40	48 .22		13 .21	4 .19
92	39 .50	.63		19 .41	50 .20		15 .19	4 .22
93	41 .08	.64		22 .00	52 .26		17 .25	4 .75
94	43 .62	.64		23 .54	54 .28		19 .27	4 .27
95	45 .40	.65		25 .33	56 .20		21 .19	4 .14
96	47 .66	.65		27 .59	58 .04		23 .03	4 .56

$\Delta\lambda = 0^h\ 13^m4^s.53$

Correzione per il ritardo della registrazione a mano sulla registrazione automatica — 0 .30

$\Delta\lambda = 0^h13^m4.14$ E

I valori della differenza di longitudine ottenuti nelle tre serate di osservazione ed i relativi errori medi sono quindi:

Assab (Staz. grav.)-Massaua (casotto astr.) $\Delta\lambda = +\ 0^h13^m3^s.91\ (\pm\ 0.069)$ — 15/12/23
» » $3^s.89\ (\pm\ 0.064)$ — 16/12/23
Assab (Pilastrino) » $4^s.24\ (\pm\ 0.088)$ — 22/4/924

Le riduzioni per la longitudine al centro dell'obelisco essendo:

Stazione gravimetrica - Obelisco + $0^s.04$
Pilastrino astronomico - Obelisco — $0^s.14$

si hanno i seguenti valori della differenza di longitudine tra Assab (obelisco Biglieri-Giulietti) e Massaua (casotto astronomico)

$\Delta\lambda = +\ 0^h13^m3^s.95\ (\pm\ 0.069)$
$3.93\ (\pm\ 0.064)$
$4.09\ (\pm\ 0.088)$

La media ponderata di questi valori ed il suo errore medio si ottengono come segue:

O	p	p O	ε O — M	p ε	ε^2	p ε^2
$3^s.90 + 0.05$	0.00021	0.00001050	— $0^s.022$	0.00000462	0.000484	0.00000010
+ 0.03	0.00025	749	— 42	1050	0.001764	44
+ 0.19	0.00013	2453	+ 118	1524	0.013924	180
	0.00059	0.00004252				0.00000234
	[p]	[p O]				[p ε^2]

media ponderata $M = \frac{[p\ O]}{[p]} = 0^s.072$

Errore dell'unità di peso $m_0 = \pm \sqrt{\frac{[p\ \varepsilon^2]}{n}} = \pm\ 0.0011$

errore medio $\mu = \pm\ 0.045$

E' cioè:

Assab (obelisco)-Massaua (casotto astr.) $\Delta\lambda = 0^h13^m\ 3^s.97$ E $(\pm\ 0^s.045)$
Massaua $\lambda = 2\ 37\ 55.39$ E G.
Obelisco Biglieri-Giulietti $\lambda = \mathbf{2\ 50\ 59.36}$ E G.

Nel 1886, dall'allora Comandante C. Mirabello, era stata determinata col trasporto di sei cronometri la differenza di longitudine tra l'obelisco Biglieri-Giulietti ed il pilastrino situato a Massaua sul palazzo del Serraglio: la differenza risultò di $0^h13^m6^s.787$ che, ridotta al casotto astronomico della stazione R. T., presenta una divergenza di $0^s.43$ dal valore ultimamente determinato.

DETERMINAZIONI SPEDITIVE

Con metodi speditivi determinai la posizione geografica degli ancoraggi di Hafun e di Hordio (Somalia settentrionale) dei quali la Regia N. *Marechiaro* col concorso di una spedizione della *Magnaghi* stava eseguendo il rilievo idrografico.

In ognuna delle due località feci stazione col telescopio zenitale su uno dei pilastrini estremi delle basi che vi erano state misurate.

Orientato accuratamente lo strumento con ripetuti azimut della Polare determinati nelle due posizioni del C. V., osservai alcune coppie di latitudine alternativamente col C. D. e col C. S., prendendo contemporaneamente al cronometro per ogni stella gli appulsi al passaggio ai vari fili orari. Determinai il tempo con ogni singola coppia col metodo Alessio, eliminando cioè l'azimut istrumentale: le medie dei valori delle correzioni assolute ricavati da due coppie osservate nelle posizioni opposte del C. V. (per eliminare l'errore dovuto alla differenza di orientamento del cannocchiale nell'osservazione delle due stelle di una stessa coppia) sono in buon accordo fra di loro.

La longitudine fu ricavata dal confronto con i segnali orari ordinari di Massaua che in quei giorni davano ottimo affidamento per la frequenza delle osservazioni eseguite.

Ottenni così i valori delle coordinate geografiche:

Hafun	$\varphi = 10^\circ\ 25'\ 20''.6$ N
Pilastrino Sud della base	$\lambda = 51^\circ\ 15'\ 7''.5$ E G.
Ancoraggio di Hordio	$\varphi = 10^\circ\ 30'\ 56''.8$ N
Pilastrino N W della base	$\lambda = 51^\circ\ 15'\ 5''.0$ E G.

Le osservazioni furono eseguite in serate molto calme.

L'approssimazione dei valori ottenuti è sufficiente per l'importanza dei rilievi eseguiti.

Fig. 1.

MASSAUA – CASOTTO ASTRONOMICO

Fig. 2.

SPEDIZIONE A RAS HAFUN – LA CAROVANA

Fig. 3.
TRASPORTO DEI CRONOMETRI

Fig. 4.
CARICAMENTO DEI CAMMELLI

Fig. 5.
RAS HAFUN – STAZIONE ASTRONOMICA

DETERMINAZIONI DI GRAVITA' RELATIVA

ESEGUITE DALLA R. NAVE " AMMIRAGLIO MAGNAGHI „ (1923-1924)

RELAZIONE DEL CAPITANO DI CORVETTA **MARIO CUGIA**

STRUMENTI E METODI DI OSSERVAZIONE E DI CALCOLAZIONE

Strumenti adoperati.

Per la esecuzione delle determinazioni di gravità relativa fu usato l'apparato tripendolare, costruito dallo Stückrath di Friedenau, di proprietà dell'Istituto Idrografico e in seguito ridotto a bipendolare. Di tale apparato si trovano ampie notizie nel volume 8° degli « Annali Idrografici ».

Si fece uso dei quattro pendoli gravimetrici di bronzo distinti coi numeri 32, 33, 34, 35 già usati nella campagna intorno al mondo della Regia Nave *Calabria* (1905-1906) e nella spedizione scientifica De Filippi sull'Himalaja. La cassetta contenente i quattro pendoli fu sempre trasportata dal sig. Lupinacci o da me: a bordo era custodita nel locale dei cronometri, entro sostegno appositamente applicato ad una paratia.

Come orologio delle coincidenze fu usato da prima il cronometro a tempo medio Poole n. 5063, con otto giorni di carica: per le ragioni che saranno in seguito specificate, furono successivamente usati il cronometro a tempo medio Kullberg n. 4641 e Kullberg n. 5396, ambedue con 56 ore di carica.

Un cronografo da campo Cavignato, per il confronto dei cronometri, uno psicrometro Hassmann ed un barometro aneroide completavano l'arredamento del locale gravimetrico.

Il tempo fu in tutte le stazioni determinate mediante osservazioni di passaggi di stelle in meridiano, adoperando uno dei due cronometri siderei provvisti di contatti elettrici (Nardin n. 84/9584 e Frodsham n. 3467) di cui era fornita la spedizione. Le osservazioni furono eseguite mediante lo strumento dei transiti a cannocchiale spezzato Bamberg, provvisto di micrometro autoregistratore e le registrazioni furono eseguite sulla striscia di un altro cronografo da campo Cavignato. Gli strumenti della stazione astronomica erano racccolti entro un casotto di tela con armatura di bronzo, di rapido montamento.

Un conveniente numero di pile a secco e di accumulatori elettrici forniva l'energia necessaria per azionare il relais delle coincidenze, i cronografi ed il piccolo impianto elettrico dello strumento dei transiti. L'illuminazione dell'apparato gravimetrico era fatto con un congruo numero di fanaletti, per i quali era usata una miscela di olio e petrolio.

Un livello a cannocchiale Zeiss con due stadie servì per determinare la quota delle varie stazioni.

Le misure.

Nelle varie località cercammo di avere a nostra disposizione, un locale ben riparato dalle variazioni di temperatura, presso il quale fosse uno spiazzato sul quale sistemare lo strumento dei transiti col relativo casotto.

Speciale cura fu sempre messa nell'esame della solidità del pavimento e nell'assicurarsi della tranquillità del locale prescelto.

Appena scelto il locale per la stazione gravimetrica avevo cura di sistemarvi il cronometro delle coincidenze, scegliendo per esso il punto più conveniente del locale; il cronometro oltre essere tenuto nella controcassetta per tutta la durata della stazione gravimetrica era tenuto rinchiuso nella cassa dell'apparecchio pendolare.

Si procedeva quindi a chiudere ermeticamente le aperture del locale con tavole e con apposite coperte trapunte. Anche la porta di accesso era sempre difesa con coperte.

L'apparato gravimetrico fu sempre appoggiato sul suolo, senza fare uso dell'apposito zoccolo di rame. Furono denominati A, C i due piani di sospensione dei pendoli rispettivamente a sinistra e a destra di chi, dal relais delle coincidenze, guarda l'apparato gravimetrico: D il piano situato dalla stessa parte del relais, ed al quale era fissato il termometro pendolo, B il piano opposto, al quale era appeso il termometro a magazzino.

L'apparecchio era accuratamente livellato nella direzione dei piani A, C e nella posizione del piano B con due livelle-pendolo, secondo le indicazioni della livella più sensibile (1 parte = 9″). Essendosi già nella stazione di partenza notato un leggero difetto nel parallelismo dei piani A, C, la livellazione era compiuta in modo che risultasse una inclinazione di + 0.p 7 pel piano C e di — 0.p 7 pel piano A. La verifica della livellazione eseguita dopo ogni stazione assicurò, in generale, della costanza della livellazione.

Il relais fu sempre usato col cannocchiale spezzato: era disposto in modo che la sua scala si trovasse a m. 1,72 dal piano B dell'apparato pendolare.

Un commutatore elettrico a due vie permetteva di inserire nel circuito del cronometro delle coincidenze il relais oppure il cronografo (per il confronto col cronometro delle osservazioni astronomiche).

Eseguita la livellazione dell'apparato, si procedeva alle determinazioni di flessione del supporto, che erano fatte in numero di tre o quattro per ogni osservatore; lo stesso numero di determinazioni era eseguito dopo le osservazioni delle coincidenze.

Attenzione scrupolosa fu sempre messa nel maneggio dei pendoli; evitando di portarli a contatto diretto delle mani, furono sempre maneggiati con un pezzo di pelle di dante pulitissima e spolverati con un pennello di vaio; anche i piani di agata dei snpporti furono sempre accuratamente spolverati. Soffiando delicatamente sui coltelli e sui piani di sospensione si cercò sempre di evitare che qualche corpuscolo estraneo introdottosi sulla linea di sospensione potesse perturbare le oscillazioni del pendolo.

La determinazione della flessione del supporto fu sempre preceduta dalle determinazioni del valore in giri del micrometro di una parte della scala del relais. Per la determinazione della flessione del supporto furono sempre usati i pendoli A 32 D (motore) e C 33 D (mosso).

Lasciato libero e immobile il 33, e messo in moto il 32 con una ampiezza iniziale di circa $6^p,5$, dopo $37^m,5$ si facevano tre doppie misure delle ampiezze d'oscillazione dei due pendoli 32 e 33 rispettivamente in parti di scala ed in divisioni micrometriche: l'operazione durava circa 5^m, onde si poteva ritenere che l'istante medio di tale misura fosse 40^m dopo la messa in moto del pendolo motore.

Le osservazioni delle coincidenze erano iniziate appena eseguita una buona determinazione di tempo. Il programma era regolato sulla base di due giornate di osservazioni, in modo che i vari pendoli fossero osservati da ambedue gli osservatori, in periodi della giornata a temperature sensibilmente differenti.

In ogni giornata si eseguivano quattro serie di osservazioni pendolari, iniziantesi a sei ore d'intervallo l'una dall'altra. Ogni serie comprendeva la doppia ossservazione di due pendoli.

Per le osservazioni astronomiche si preparava un programma in due parti, composta ciascuna di 7 stelle circumzenitali ed una circumpolare, programma che compatibilmente con le condizioni meteorologiche, era usato anche nelle serate successive. Io osservavo la prima parte, il Sig. Lupinacci la seconda; nella seconda serata, dovendosi scambiare l'ordine degli osservatori gravimetrici, io eseguivo l'intera osservazione astronomica, mentre il Sig. Lupinacci compiva l'ultima serie gravimetrica della prima giornata e la prima della seconda.

Detto T l'istante medio della determinazione di tempo, il programma era regolato sullo schema seguente:

I^a Giornata T^h Determinazione di tempo: I^a parte (Cugia) - II^a parte (Lupinacci)

I^a Serie grav. (Cugia) ist. iniziale T^h + 1^h	II^a Serie gr. (Lupinacci) ist. in. T^h + 7^h	III^a Serie gr. (Cugia) ist. in. T^h + 13^h	IV^a Serie gr. (Lupinacci) ist. in. T^h + 19^h
A 32 D	A 34 D	A 34 D	A 32 D
C 33 D	C 35 D	C 35 D	C 33 D
C 33 D	C 35 D	C 35 D	C 33 D
A 32 D	A 34 D	A 34 D	A 32 D
dopo la serie prepara i pendoli A34D, C35D	dopo la serie dà una nuova posa agli stessi pendoli	dopo la serie prepara i pendoli A32D, C33D	dopo la serie prepara i pendoli A34D, C35D

2ª Giornata T^h Determinazione di tempo: Iª e IIª parte (Cugia)

Iª Serie gr. (Lupinacci)	IIª Serie gr. (Cugia)	IIIª Serie gr. (Lupinacci)	IVª Serie gr. (Cugia)
A 34 D	A 32 D	A 32 D	A 34 D
C 35 D	C 33 D	C 33 D	C 35 D
C 35 D	C 33 D	C 33 D	C 35 D
A 34 D	A 32 D	A 32 D	A 34 D
dopo la serie prepara i pendoli A32D, C33D	dopo la serie dà una nuova posa agli stessi pendoli	dopo la serie prepara i pendoli A34D, C35D	dopo la serie prepara i pendoli A32D, C33D

$T^h + 24^h$ Determinaz. di tempo: Iª parte (Lupinacci) - IIª parte (Cugia)

Se tutto era proceduto regolarmente, si eseguivano le determinazioni di chiusura della flessione dei supporti e, verificata la livellazione dell'apparato gravimetrico, si rimettevano gli strumenti nelle casse. Se per contro i periodi delle coincidenze misurati per ciascun pendolo presentavano notevoli differenze, oppure se mancava la determinazione di tempo finale, le osservazioni erano ripetute, possibilmente per altri due giorni, con uguale programma.

Non sempre furono osservate tutte le stelle del programma astronomico e, in talune località, lo strumento dei transiti dimostrò poca stabilità in azimut, ma ovunque le terminazioni di tempo furono eseguite con la dovuta esattezza.

Il cronometro delle coincidenze e quello delle osservazioni astronomiche furono sempre confrontati, per mezzo di cronografo, prima e dopo le osservazioni astronomiche.

Nella prima stazione (Suez) fu usato per le coincidenze il cronometro Poole che seguì un andamento capriccioso: nelle stazioni successive lo sostituii col cronometro Kullberg n. 4641 che poi, nelle stazioni di Aden e di chiusura dovetti sostituire col cronometro Kullberg n. 5396, poichè esso non dava più passaggio alla corrente elettrica, per ossidazione dei contatti. Amdedue questi cronometri ebbero un buon comportamento; il loro andamento fu controllato con confronti eseguiti al principio di ogni serie gravimetrica.

L'amplitudine iniziale di oscillazione data ai pendoli era di 6,5 a 7 parti di scala: fu sempre preso nota delle letture delle amplitudini iniziale e finale. In ogni osservazione delle coincidenze, si osservano due gruppi di 12 coincidenze, a intervallo tale tra di loro che le coincidenze di egual numero d'ordine dei due gruppi comprendessero 72 intervalli di coincidenza.

La temperatura media del pendolo fu determinata con le letture fatte, prima e dopo l'osservazione pendolare, al termometro pendolo ed al termometro a magazzino. In generale le oscillazioni di temperatura del pendolo non furono molto forti.

Gli elementi necessari per la determinazione della densità dell'aria furono misurati in principio e in fine di ogni serie. Il barometro aneroide era confrontato, in varie ore della giornata, prima e dopo l'esecuzione della stazione gravimetrica, col barometro a mercurio del *Magnaghi*.

I calcoli.

I calcoli astronomici e delle durate di oscillazione nelle singole stazioni di campagna furono compiuti durante la campagna dal Sig. Lupinacci e da me.

Durante la campagna fu anche calcolato un valore provvisorio della gravità nelle singole stazioni, per mezzo della sola stazione di partenza.

Tutti i calcoli furono da me rifatti presso l'Istituto Idrografico ove, essendosi eseguita anche la stazione di chiusura, potei anche calcolare i valori definitivi della gravità.

Durante la campagna furono di grande ausilio le Tavole di moltiplicazione del Crelle (Ed. Reimer - Berlino 1875), mentre all'Istituto mi servii di una macchina addizionatrice. I calcoli logaritmici furono eseguiti con le tavole a 7 decimali dello Schrön (Edizione 1867) e con le tavole a 5 decimali dell'Istituto Idrografico.

a) Calcoli Astronomici.

Le determinazioni di tempo, come più sopra è detto, furono eseguite mediante passaggi di stelle in meridiane; furono sempre scelte stelle fondamentali ricavate dal Berliner Astronomische Jahrbuch, dal Nautical Almanac e dalla Connaissance des Temps. I calcoli furono fatti determinando l'azimut istrumentale: i coefficienti di inclinazione e di azimut ed i termini correttivi per l'aberrazione per il semicontatto del micrometro impersonale furono ricavati mediante tabelle da me calcolate per i limiti di latitudine entro cui si eseguivano le misure.

Per alcune stazioni, nelle quali la stabilità d'azimut dello strumento dei transiti non era la desiderabile, ritenni opportuno applicare il metodo dell'eliminazione dell'azimut istrumentale, metodo che, portandomi allo stesso valore medio della correzione assoluta, mi ha permesso di migliorare sensibilmente il corrispondente errore medio.

Graficamente, ad una scala nella quale il centesimo di secondo era rappresentato dalla lunghezza di un millimetro, furono ricavati i valori della correzione assoluta del cronometro sidereo per gli istanti dei confronti dei due cronometri (sidereo delle osservazioni astronomiche e medio delle coincidenze).

Mediante tali valori sono state ricavate le corrispondenti correzioni assolute del cronometro medio che, riportate su di un grafico a grande scala hanno permesso di giudicare sull'andamento del cronometro delle coincidenze.

Per ogni singola stazione di campagna, per brevità, riporto solamente i valori determinati astronomicamente delle correzioni assolute del cronometro sidereo, ed i rispettivi errori medii, gli elementi relativi ai confronti dei due cronometri, nonchè le speciali considerazioni conclusive.

b) Calcolo delle durate di oscillazione.

Dall'osservazione diretta si dedusse l'intervallo tra due coincidenze facendo la media dei 12 valori $72\,c$ e dividendola per 72.

Il valore della durata di oscillazione osservata del pendolo gravimetrico, espressa in tempo dell'orologio delle coincidenze e corrispondente agli elementi:

temperatura del pendolo T, amplitudine di oscillazione α, flessione del supporto F e densità dell'aria D durante l'osservazione, fu ricavata mediante la formula:

$$S'' = \frac{1}{2} + \frac{1}{4\left(c - \frac{1}{2}\right)}$$

Per ogni osservazione pendolare fu ricavato tale valore.

I valori delle durate di oscillazione furono ridotti, per ogni stazione, alle condizioni tipo rappresentate da

$$T_0 = 20^\circ \qquad D_0 = 0.9000 \qquad F_0 = 30 \times 10^{-7},$$

mediante la relazione

$$s' = s'' - x\,(T - T_0) - y\,(D - D_0) - (F - F_0).$$

Per i coefficienti di temperatura e di pressione furono assunti i valori seguenti, forniti dall' Alessio

$x = 43^s,4 \times 10^{-7}$ ($\pm$ 0.39) per tutti i quattro pendoli
$y = 655^s \times 10^{-7}$ per i pendoli n. 32, 34, 35
$y = 735^s \times 10^{-7}$ per il pendolo n. 33.

Non si è tenuto conto del termine correttivo $z\frac{\Delta T}{\Delta I}$, z essendo il coefficiente dinamico della temperatura, per la variazione oraria della temperatura durante l'osservazione delle coincidenze, poichè la variazione oraria risultò sempre molto piccola.

L'umidità dell'aria fu ricavata dalle indicazioni psicrometriche mediante le tavole dell' Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica. La densità dell'aria fu calcolata con la formula:

$$D = \frac{1}{1 + 0.00367\,T}\,\frac{B - 0.378\,e}{760},$$

ove T indica la temperatura dell'aria, B la lettura barometrica, e la tensione del vapore acqueo: il calcolo fu eseguito con apposite tavole calcolate presso l'Istituto Idrografico, che dànno il valore dei logaritmi dei due fattori frazionali dell'espressione.

La flessione del supporto fu calcolata con la formula:

$$F = \frac{\alpha'}{\alpha}\,\frac{S' - S}{2}\,\operatorname{csc}\left\{\pi\,\frac{S' - S}{2\,S'S}\,t\right\}$$

nella quale α, α' sono l'amplitudine di oscillazione del pendolo motore e del pendolo mosso, espresse nella medesima unità di misura; S, S' le medie delle durate di oscillazione osservate, nella stazione considerata, rispettivamente per il pendolo motore e per il mosso, t l'intervallo di tempo contato dall'inizio del moto del pendolo motore (che fu sempre di 2400^s).

Alle durate di oscillazione S' (ridotte a supporto unico, temperatura del pendolo unica, densità dell'aria unica) fu applicata la riduzione a secondi di tempo medio

$$\Delta s = S'\,\frac{k}{86400}$$

ove k indica l'andamento istantaneo del cronometro durante l'osservazione

pendolare. Si adottò generalmente una k media nell'intervallo tra due osservazioni astronomiche. Per S' fu in ciascuna stazione assunto un valore medio delle durate di oscillazione di tutti i pendoli.

Fu applicata inoltre la riduzione all'amplitudine infinitesima espressa dalla formula:

$$-\frac{0.5}{16}\left(\frac{3\,p}{2 \times 1720}\right)^2$$

ove p è l'amplitudine di oscillazione del pendolo in parti di scala del relais delle coincidenze (I parte = 3' alla distanza stabilita di m. 1,72), dedotta dalla media delle amplitudini del pendolo misurate all'inizio ed alla fine dell'osservazione delle coincidenze.

Delle coppie di valori delle durate di oscillazioni ricavati per ogni singolo pendolo in ciascuna serie è stata fatta la media, e questa media è stata presa in considerazione.

MISURE NELLA STAZIONE DI RIFERIMENTO

Stazione di partenza — *Genova I°*

(Agosto 1923).

L'apparato gravimetrico fu montato nel locale apposito presso il R. Istituto Idrografico in Genova, locale che è collegato con Padova e con Potsdam « Annali Idrografici — Volumi 4°, 6°, 7) »

le coordinate geografiche sono $\begin{cases} \varphi = 44^\circ\ 25'\ 9'' \text{ N} \\ \lambda = 8^\circ\ 55'\ 18'' \text{ E G.} \end{cases}$

e l'altitudine sul livello del mare è H = m. 96,5.

L'apparato fu appoggiato direttamente sul suolo (masso cubico di calcestruzzo) anzichè sopra il tronco di cono di rame. Le masse oscillanti risultavano così più basse di circa 40 cm. rispetto alle precedenti determinazioni.

Come orologio regolatore per le coincidenze fu usato il cronometro Poole n. 5063 a otto giorni di carica, già adoperato dall'Alessio e Abetti nella spedizione De Filippi sull'Himalaja.

Esso fu messo in una cassetta in un punto appartato del sotterraneo, prossimo al locale gravimetrico, qualche giorno prima dell'inizio delle osservazioni. Gli fu data la corda prima della determinazione iniziale di tempo.

Le determinazioni di tempo furono eseguite dal Cav. G. Ferrari, dell'Istituto Idrografico, con lo strumento dei passaggi Bamberg. L'andamento dell'orologio risultò determinato con un errore medio di $\pm$ 0^s.03.

Le osservazioni delle coincidenze furono iniziate le sera del 9 Agosto 1923. Il primo giorno furono erroneamente scambiate le pose dei pendoli sui piani A, C rispetto a quelle adottate a Torino, da dove i pendoli erano allora ritornati, dopo una breve campagna gravimetrica fatta dal prof. Silva. Poichè si voleva essere pronti a poter collegare le stazioni del Mar Rosso anche con Torino, oltre che con Genova, nei giorni successivi fu adottata la disposizione usata a Torino.

Le osservazioni delle coincidenze furono fatte nei primi due giorni per metà dal Comandante Alessio, per metà dal Sig. Lupinacci e da me.

Il 3° e il 4° giorno le osservazioni furono invece eseguite solamente dai due osservatori della campagna. La temperatura fu molto stabile. La flessione del supporto risultò di $36^s \times 10^{-7} \pm 1.5$. Si verificò nei vari pendoli una grande sensibilità alla posa. Essendosi notato che sulle forchette di manovra (specie su quella di destra) il pendolo poteva assumere diverse posizioni, dopo le prime osservazioni fu stabilito di spingere sempre i pendoli, dopo la posa sulle forchette, verso il relais e verso il centro del supporto. Anche dopo ciò si verificarono anomalie rilevanti evidentemente dovute alla posa. Perciò osservazioni (cinque pose su trentadue) che presentavano anomalie di $300^s \div 500^s \times 10^{-7}$ e più, furono senz'altro scartate: sono quelle racchiuse tra parentesi nello specchio allegato.

Genova I^a — Cronometro Poole N° 5063

N. d'ordine	Data 1923 Agosto	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza baromet. ridotta mm.700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10⁴	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplitudine	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 7^a c	S osservate $0^s.50 + .10^{-7}\times$	Riduzioni × 10 — 7: alla densità D = 0,0000	alla temp. T = 20°	alla amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F — 30	S ridotte $0^s.50 + 10 - 7\times$	Osservatore
1	9	C 32 D	22h41m	54. 8	17. 2	20°.4	9160	20. 42	+ 0. 02	16. 9	6. 3	+ 3s.91	39m20s.82	77425	— 10	— 18	— 7		+ 230	— 6	77614	Alessio
2	»	A 33 D	23 35	56. 0	17. 4	»	9174	20. 44	+ 0. 02	16. 5	6. 6	»	39 7. 52	77870	13	19	7		»	»	78055	»
3	10	A 33 D	0 25	56. 3	17. 6	»	9177	20. 44	— 0. 04	16. 6	6. 3	»	39 7. 48	77872	13	19	7		»	»	78057	»
4	»	C 32 D	1 18	56. 6	17. 8	»	9180	20. 43	+ 0. 01	16. 9	6. 3	»	39 20. 67	77430	12	19	7		»	»	77616	»
5	10	C 34 D	4 50	54. 8	17. 6	20. 5	9155	20. 47	+ 0. 01	15. 9	6. 3	»	39 40. 40	76778	— 10	— 20	— 7		+ 230	— 6	[76965]	Cugia
6	»	A 35 D	5 54	55. 1	17. 7	»	9158	20. 46	0. 00	15. 2	5. 8	»	38 44. 75	78647	10	20	6		»	»	[78835]	»
7	»	A 35 D	6 47	55. 5	17. 8	»	9163	20. 45	— 0. 02	16. 7	5. 8	»	38 45. 29	78627	11	19	6		»	»	[78815]	»
8	»	C 34 D	7 43	55. 8	17. 9	»	9166	20. 45	+ 0. 01	16. 0	6. 3	»	39 40. 72	76768	11	19	7		»	»	[76955]	»
9	10	C 34 D	10 31	57. 0	17. 8	20. 6	9178	20. 60	0. 00	16. 2	6. 3	»	39 42. 58	76708	— 12	— 26	— 7		+ 230	— 6	[76887]	Alessio
10	»	A 35 D	11 22	56. 8	17. 8	»	9176	20. 58	— 0. 06	16. 2	6. 0	»	38 51. 42	78417	12	25	7		»	»	78597	»
11	»	A 35 D	12 12	56. 6	17. 9	20. 5	9177	20. 54	— 0. 01	16. 5	6. 6	»	38 51. 42	78417	12	23	7		»	»	78599	»
12	»	C 34 D	13 1	56. 4	17. 9	»	9173	20. 55	+ 0. 01	16. 2	6. 4	»	39 42. 66	76706	11	24	7		»	»	[76888]	»
13	10	C 32 D	16 52	55. 6	16. 8	20. 5	9168	20. 46	+ 0. 10	16. 5	6. 6	»	39 20. 60	77432	— 11	— 20	— 7		+ 230	— 6	77618	Lupinacci
14	»	A 33 D	17 58	55. 8	17. 0	»	9171	20. 50	0. 00	16. 6	6. 1	»	39 7. 63	77867	13	22	7		»	»	78049	»
15	»	C 32 D	18 52	56. 0	17. 2	»	9172	20. 50	0. 00	16. 2	6. 9	»	39 20. 59	77433	11	22	7		»	»	77617	»
16	»	A 33 D	19 50	56. 3	17. 5	»	9174	20. 50	0. 00	16. 1	6. 7	»	39 7. 66	77866	13	22	7		»	»	78048	»
17	10	A 34 D	22 37	55. 5	17. 6	21. 1	9144	21. 08	— 0. 25	16. 3	6. 9	+ 3. 74	39 51. 82	76408	— 9	— 47	— 7		+ 220	— 6	76559	Cugia
18	»	C 35 D	23 30	55. 4	17. 7	20. 9	9149	20. 91	— 0. 17	16. 6	6. 7	»	38 58. 38	78180	10	39	7		»	»	78338	»
19	11	C 35 D	0 24	55. 3	17. 8	20. 8	9151	20. 81	— 0. 07	16. 9	5. 9	»	38 58. 47	78177	10	35	7		»	»	78339	»
20	»	A 34 D	1 17	55. 2	17. 9	20. 7	9152	20. 72	— 0. 14	16. 4	6. 7	»	39 52. 45	76385	10	31	7		»	»	76551	»
21	11	A 32 D	4 41	54. 2	17. 7	20. 9	9135	20. 89	— 0. 21	17. 4	7. 2	»	39 22. 14	77382	— 9	— 39	— 8		+ 220	— 6	77540	Alessio
22	»	C 33 D	5 33	54. 4	17. 7	20. 8	9141	20. 79	— 0. 04	16. 8	6. 3	»	39 9 22	77814	10	34	7		»	»	77977	»
23	»	C 33 D	6 25	54. 6	17. 7	20. 7	9146	20. 74	— 0. 09	16. 8	6. 6	»	39 9. 27	77812	11	32	7		»	»	77976	»
24	»	A 32 D	7 17	54. 8	17. 8	»	9148	20. 67	— 0. 10	17. 4	7. 2	»	39 22. 36	77373	10	29	8		»	»	77540	»
25	11	A 32 D	10 31	55. 1	17. 9	20. 5	9157	20. 51	— 0. 08	16. 6	6. 0	»	39 22. 64	77363	— 10	— 22	— 7		+ 220	— 6	77538	Lupinacci
26	»	C 33 D	11 27	55. 0	17. 9	»	9156	20. 47	— 0. 03	16. 0	6. 7	»	39 9. 90	77792	11	20	7		»	»	77968	»
27	»	C 33 D	12 20	54. 8	18. 0	»	9153	20. 46	0. 00	16. 0	6. 7	»	39 10. 11	77782	11	20	7		»	»	77958	»
28	»	A 32 D	13 15	54. 7	18. 0	»	9152	20. 46	— 0. 11	16. 2	6. 9	»	39 23. 02	77352	10	20	7		»	»	77529	»
29	11	A 34 D	16 34	53. 7	17. 6	20. 7	9136	20. 75	— 0. 11	16. 7	7. 0	»	39 50. 98	76433	— 9	— 32	— 7		+ 220	— 6	76599	Alessio
30	»	C 35 D	17 27	53. 5	17. 6	»	9134	20. 66	— 0. 08	16. 5	6. 9	»	38 54. 87	78300	9	29	7		»	»	78469	»
31	»	C 35 D	18 16	53. 2	17. 7	20. 6	9132	20. 62	— 0. 02	17. 4	6. 9	»	38 55. 52	78277	9	27	8		»	»	78447	»
32	»	A 34 D	19 6	53. 0	17. 7	»	9129	20. 60	— 0. 02	16. 5	6. 6	»	39 51. 43	76418	8	26	7		»	»	76591	»

Genova 1ª — (segue)

N. d'ordine	Data 1923 Agosto	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza baromet. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temp. dell'aria	Densità dell'aria × 10⁴	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperat.	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplit.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 72 c	S osservate $o^s,50 + 10^{-7}\times$	Riduzioni × 10⁻⁷ alla densità D = 0.9000	alla temp. T = 20°	alla amplit. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F = 30	S ridotte $o^s,50 + 10^{-7}\times$	Osservatore
33	11	A 32 D	$22^h 35^m$	53.0	17.9	20.5	9131	20.49	+ 0.05	15'.8	5".7	+ 3ˢ.65	$39^m 22^s.31$	77376	— 9	— 21	— 7		+ 215	— 6	77548	Cugia
34	»	C 33 D	23 27	53.1	18.0	20.5	9132	20.50	— 0.01	16.2	5.7	»	39 9.59	77801	10	22	7		»	»	77971	»
35	12	C 33 D	0 20	53.2	18.2	20.5	9134	20.49	— 0.02	16.2	6.6	»	39 9.77	77796	10	21	7		»	»	77966	»
36	»	A 32 D	1 14	53.3	18.3	20.5	9134	20.48	0.00	16.5	6.3	»	39 22.88	77357	9	21	7		»	»	77529	»
37	»	A 34 D	4 57	53.3	17.8	20.7	9130	20.66	0.00	15.6	7.5	»	39 50.99	76433	— 9	— 29	— 6		+ 215	— 6	76598	Lupinacci
38	»	C 35 D	5 51	53.3	17.8	20.6	9133	20.62	— 0.09	16.6	7.8	»	38 56.05	78259	9	27	7		0	»	78425	»
39	»	C 35 D	6 46	53.3	17.9	20.6	9132	20.60	+ 0.01	16.6	7.5	»	38 56.33	78250	9	26	7		»	»	78417	»
40	»	A 34 D	7 42	53.3	17.9	20.7	9129	20.69	+ 0.22	15.2	7.0	»	39 51.20	76427	8	30	6		»	»	76592	»
41	»	A 34 D	10 56	53.2	17.8	20.5	9135	20.55	+ 0.02	15.4	7.8	»	39 50.43	76452	— 9	— 24	— 6		+ 215	— 6	76622	Cugia
42	»	C 35 D	11 50	53.2	17.7	20.5	9135	20.54	— 0.05	16.3	7.2	»	38 55.57	78275	9	23	7		»	»	78445	»
43	»	C 35 D	12 40	53.1	17.6	20.5	9134	20.52	— 0.01	16.3	6.0	»	38 55.80	78268	9	22	7		»	»	78439	»
44	»	A 34 D	13 34	53.1	17.5	20.5	9135	20.48	— 0.06	15.4	4.9	»	39 51.06	76431	9	21	6		»	»	76604	»
45	»	A 32 D	16 22	52.7	17.7	20.6	9126	20.61	— 0.02	15.8	7.0	»	39 21.86	77391	— 8	— 26	— 7		+ 215	— 6	77559	Lupinacci
46	»	C 33 D	17 13	52.6	17.7	20.6	9124	20.60	+ 0.01	16.3	8.7	»	39 23.16	77347	9	26	7		»	»	77514	»
47	»	C 33 D	18 2	52.5	17.8	20.6	9123	20.60	— 0.01	15.1	8.8	»	39 21.61	77399	9	26	6		»	»	77567	»
48	»	A 32 D	18 55	52.4	17.9	20.6	9121	20.60	0.00	16.5	6.6	»	39 22.58	77367	8	26	7		»	»	77535	»
49	»	A 34 D	22 41	52.6	17.7	20.7	9121	20.66	— 0.11	15.7	6.7	+ 3ˢ.79	39 50.72	76442	— 8	— 29	— 6		+ 223	— 6	76616	Cugia
50	13	C 35 D	0 1	52.6	17.8	20.6	9124	20.60	— 0.02	15.7	7.2	»	38 57.09	78224	8	26	6		»	»	78401	»
51	»	C 35 D	0 51	52.7	17.9	20.6	9124	20.57	— 0.04	15.9	7.2	»	38 57.00	78227	8	25	7		»	»	78404	»
52	»	A 34 D	1 53	52.8	18.0	20.6	9126	20.55	— 0.02	15.1	7.8	»	39 51.71	76410	8	24	6		»	»	76589	»
53	»	A 32 D	4 24	52.8	18.0	20.8	9109	20.84	— 0.06	16.0	7.3	»	39 24.40	77306	— 7	— 36	— 7		+ 223	— 6	77473	Lupinacci
54	»	C 33 D	5 17	52.9	17.7	20.7	9125	20.75	— 0.14	15.9	6.6	»	39 11.20	77747	9	32	7		»	»	77916	»
55	»	C 33 D	6 6	53.0	17.4	20.7	9127	20.66	— 0.10	15.9	6.6	»	39 11.60	77734	9	29	7		»	»	77906	»
56	»	A 32 D	6 58	53.1	17.0	20.6	9133	20.62	— 0.01	16.1	7.3	»	39 24.84	77292	9	27	7		»	»	77466	»
57	»	A 32 D	10 24	53.1	17.7	20.5	9134	20.50	— 0.09	15.5	7.9	»	39 25.36	77275	— 9	— 22	— 6		+ 223	— 6	77455	Cugia
58	»	C 33 D	11 16	53.1	17.7	20.5	5134	20.50	+ 0.08	15.7	8.6	»	39 12.98	77687	10	22	6		»	»	77866	»
59	»	C 33 D	12 6	53.2	17.8	20.5	9135	20.48	— 0.11	15.4	7.8	»	39 13.68	78664	10	21	6		»	»	77844	»
60	»	A 32 D	12 57	53.2	17.8	20.5	9135	20.45	+ 0.02	15.5	8.5	»	39 26.15	77248	9	19	6		»	»	77431	»
61	»	A 34 D	16 21	53.2	17.8	20.6	9132	20.60	0.00	15.8	7.3	»	39 49.79	76472	— 9	— 26	— 7		+ 223	— 6	76647	Lupinacci
62	»	C 35 D	17 13	53.2	17.8	20.6	9132	20.60	0.00	14.0	10.0	»	39 1.82	78063	9	26	5		»	»	78240	»
63	»	C 35 D	18 4	53.1	17.7	20.6	9131	20.57	— 0.06	14.2	9.6	»	39 2.93	78026	9	25	5		»	»	78204	»
64	»	A 34 D	18 55	53.0	17.7	20.6	9129	20.55	— 0.01	16.3	6.4	»	39 49.75	76474	8	24	7		»	»	76651	»

I valori ricavati per le S ridotte alle condizioni

$$D_0 = 0.9000 \qquad T = +20° \qquad F_0 = 30^s \times 10^{-7}$$

sono quindi:

P 32	P 33	P 34	P 35
0s.5077615 Alessio	0s.5078056 Alessio	0s.5076555 Cugia	0s.5078598 Alessio
617 Lupinacci	8048 Lupinacci	* 595 Alessio	338 Cugia
* 540 Alessio	* 7976 Alessio	* 595 Lupinacci	* 458 Alessio
* 534 Lupinacci	* 7963 Lupinacci	* 613 Cugia	* 421 Lupinacci
* 538 Cugia	* 7968 Cugia	* 602 Cugia	* 442 Cugia
* 547 Lupinacci	7911 Lupinacci	649 Lupinacci	* 402 Cugia
469 Lupinacci	7855 Cugia		
443 Cugia			
$S_{32} = 0^s.5077535\ [\pm 21.6]$	$S_{33} = 0^s.5077967\ [\pm 21.6]$	$S_{34} = 0^s.5076602\ [\pm 12.4]$	$S_{35} = 0^s.5078443\ [\pm 35.2]$

L'errore medio di uno dei quattro pendoli è $\pm 25^s,4 \times 10^{-7}$.

Il valore della durata di oscillazione del pendolo media dei quattro pendoli adoperati ed il suo errore medio sono:

$$S_m = 0^s.5077638\ (\pm 12.7).$$

Sono stati presi in considerazione anche i valori (buoni) della prima giornata, quantunque i piani fossero invertiti, poichè da precedenti determinazioni risulta inapprezzabile la differenza sistematica tra le durate d'oscillazione nelle due posizioni coniugate, se pure esiste « (Annali Idrografici » - Vol. 6°, pag. 81).

Gli errori medi risultano piuttosto rilevanti perchè, escludendo ogni criterio arbitrario, si è voluto tener conto anche di osservazioni evidentemente perturbate: le medie complessive risultano in buon accordo con le medie delle osservazioni non perturbate. Tenendo conto di queste soltanto (segnate con un asterisco nei riassunti) si avrebbe:

$S_{32} = 0^s.5077540\ (\pm 2.9)$ da quattro serie $\quad S_{33} = 0^s.5977969\ (\pm 3.8)$ da tre serie

$S_{34} = 0^s.5076610\ (\pm 4.1)$ da quattro serie $\quad S_{35} = 0^s.5078431\ (\pm 12.2)$ da quattro serie

$$S_m = 0^s.5077637\ (\pm 3.4)$$

e l'errore medio di un pendolo sarebbe $\pm 6^s.8 \times 10^{-7}$.

Sarebbe quindi lecito accettare questi ultimi valori ed i rispettivi errori medi. Per tener conto di un numero più rilevante di osservazioni, saranno però assunti i valori precedenti.

Stazione di chiusura — *Genova II*ª
(Giugno 1924).

Il giorno 19 fu impiantato l'apparecchio gravimetrico con la stessa sistemazione usata per la stazione di partenza. Fu subito eseguita la determinazione iniziale di flessione del supporto.

Fu usato come orologio delle coincidenze il cronometro Kullberg n. 5396.

Le determinazioni di tempo furono eseguite come alla partenza, dal Cav. Ferrari, con lo strumento dei transiti Bamberg. Lo stato piovoso del tempo permise di ottenere una buona determinazione solamente la sera del 25.

Le osservazioni eseguite anche nelle sere del 26 e del 27 permisero di determinare la marcia del cronometro con un errore medio di $\pm 0^s.05$. Le precarie condizioni atmosferiche non consentirono un risultato migliore.

Poco dopo la mezzanotte del 25 furono iniziate le osservazioni delle coincidenze.

Non avendo riscontrate forti anomalie nei periodi osservati delle coincidenze, cessammo le osservazioni dopo due giorni.

Si procedette alla determinazione della flessione del supporto, che risultò poco differente da quella della stazione di partenza e precisamente di $32^s \times 10^{-7} \pm 0.3$.

Genova II^a — Cronometro Kullberg N° 5896

N. d'ordine	Data 1924 Giugno	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barometr. ridotta mm.700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Ampli. media di oscillazione	Diminuzione della ampliuline	Andam.to diurno del cronometro	Coincidenze osservate	S osservate $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Riduzioni × 10 — 7: alla densità D = 0.9000	alla temp. T = 20°	alla amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Osservatore
1	26	C 33 D	0^h16^m	52.9	14.5	17.4	9244	16°.41	+ 0°.13	15'.0	6'.3	+ 1s.97	$39^m13^s.43$	77672	— 18	+ 156	— 6		+ 119	— 2	77921	Cugia
2	»	A 32 D	1 5	52.9	14.4	17.3	9248	16. 47	+ 0. 04	16. 4	6. 0	»	39 25. 67	77264	16	153	7		»	»	77511	»
3	»	A 32 D	1 55	53. 0	14. 2	17. 2	9247	16. 50	+ 0. 03	16. 5	6. 6	»	39 25. 96	77265	16	152	7		»	»	77511	»
4	»	C 33 D	2 45	53. 0	14. 1	17. 0	9260	16. 51	+ 0. 01	15. 7	6. 5	»	39 13. 17	77681	19	151	6		»	»	77924	»
5	26	A 34 D	6 29	52. 3	14. 5	17. 4	9237	16. 56	— 0. 14	15. 6	7. 2	»	39 47. 91	76534	— 16	+ 150	— 6		+ 119	— 2	76779	Lupinacci
6	»	C 35 D	7 22	52. 5	14. 5	17. 4	9239	16. 52	+ 0. 07	15. 7	7. 3	»	38 55 04	78294	16	151	6		»	»	78540	»
7	»	C 35 D	8 12	52. 7	14. 5	17. 4	9242	16. 58	+ 0. 08	15. 6	7. 8	»	38 55. 59	78275	16	148	6		»	»	78518	»
8	»	A 34 D	9 1	52. 9	14. 5	17. 4	9244	16. 58	— 0. 08	15. 8	7. 3	»	39 48. 21	76524	16	148	7		»	»	76766	»
9	26	A 34 D	13 10	54. 0	14. 2	17. 4	9259	16. 58	— 0. 03	16. 1	5. 9	»	39 47. 86	76535	— 17	+ 148	— 7		+ 119	— 2	76776	Cugia
10	»	C 35 D	14 5	53. 9	14. 3	17. 4	9257	16. 59	+ 0. 04	15. 3	7. 5	»	38 55. 67	78272	17	148	6		»	»	78514	»
11	»	C 35 D	14 53	53. 8	14. 4	17. 4	9256	16. 62	+ 0. 04	15. 6	7. 4	»	38 56. 46	78245	17	147	6		»	»	78486	»
12	»	A 34 D	15 44	53. 7	14. 5	17. 4	9254	16. 62	— 0. 01	15. 9	7. 2	»	39 48. 65	76509	17	147	7		»	»	76749	»
13	26	A 32 D	18 45	53. 9	14. 3	17. 2	9264	16. 73	0. 00	16. 5	7. 6	»	39 24. 76	77294	— 17	+ 142	— 7		+ 119	— 2	77529	Lupinacci
14	»	C 33 D	19 43	53. 9	14. 4	17. 3	9260	16. 73	— 0. 01	16. 4	6. 6	»	39 11. 71	77730	19	142	7		»	»	77963	»
15	»	C 33 D	20 39	53. 9	14. 4	17. 3	9259	16. 73	+ 0. 03	16. 4	6. 6	»	39 12. 38	77708	19	142	7		»	»	77941	»
16	»	A 32 D	21 29	53. 8	14. 5	17. 4	9261	16. 75	+ 0. 03	16. 5	7. 3	»	39 24. 35	77308	17	141	7		»	»	77542	»
17	27	A 34 D	0 8	53. 7	14. 5	17. 4	9254	16. 82	— 0. 23	15. 6	8. 2	+ 2. 01	39 46. 40	76583	— 17	+ 138	— 6		+ 122	— 2	76818	Lupinacci
18	»	C 35 D	0 58	53. 7	14 4	17. 3	9258	16. 74	0. 00	14. 4	8. 6	»	38 54. 78	78302	17	141	5		»	»	78541	»
19	»	C 35 D	1 47	53. 7	14. 4	17. 3	9258	16. 75	+ 0. 01	15. 5	9. 4	»	38 56. 48	78245	17	141	6		»	»	78483	»
20	»	A 34 D	2 39	53. 7	14. 3	17. 2	9261	16. 77	+ 0. 05	15. 7	8. 1	»	39 47. 35	76552	17	140	6		»	»	76789	»
21	27	A 32 D	6 24	53. 9	14. 2	17. 4	9258	16. 71	— 0. 06	15. 3	6. 1	»	39 24. 84	77292	— 17	+ 143	— 6		+ 122	— 2	77532	Cugia
22	»	C 33 D	7 14	53. 9	14. 3	17. 5	9254	16. 78	— 0. 02	16. 4	6. 9	»	39 12. 63	77699	19	144	7		»	»	77937	»
23	»	C 33 D	8 3	53. 9	14. 3	17. 5	9254	16. 68	0. 00	14. 6	6. 6	»	39 13. 03	77686	19	144	6		»	»	77925	»
24	»	A 32 D	8 52	53. 9	14. 4	17. 6	9251	16. 70	+ 0. 05	15. 6	6. 6	»	39 24. 99	77287	16	143	6		»	»	77528	»
25	27	A 32 D	12 20	53. 8	14. 3	17. 2	9262	16. 65	0. 00	15. 5	8. 9	»	39 24. 88	77290	— 17	+ 145	— 7		+ 122	— 2	77532	Lupinacci
26	»	C 33 D	13 11	53. 7	14. 5	17. 4	9254	16. 65	— 0. 02	16. 2	7. 0	»	39 12. 90	77690	19	145	7		»	»	77929	»
27	»	C 33 D	14 0	53. 7	14. 7	17. 6	9247	16. 65	+ 0. 02	16. 3	7. 0	»	39 13. 39	77674	18	145	7		»	»	77914	»
28	»	A 32 D	14 53	53. 6	14. 9	17. 8	9238	16. 65	0. 00	15. 5	7. 8	»	39 24. 96	77288	16	145	6		»	»	77510	»
29	27	A 34 D	17 51	53. 4	14. 3	17. 2	9258	16. 78	— 0. 02	15. 0	6. 9	»	39 46. 96	76564	— 17	+ 140	— 6		+ 122	— 2	76801	Cugia
30	»	C 35 D	18 51	53. 4	14. 3	17. 2	9258	16. 84	+ 0. 18	15. 9	7. 8	»	38 53. 98	78330	17	137	7		»	»	78563	»
31	»	C 35 D	19 38	53. 4	14. 2	17. 1	9261	16. 88	— 0. 06	16. 1	7. 3	»	38 54. 80	78302	17	135	7		»	»	78533	»
32	»	A 34 D	20 27	53. 4	14. 2	17. 1	9261	16. 85	— 0. 05	15. 4	6. 9	»	39 47. 12	76559	17	137	6		»	»	76793	»

Riassunto dai valori delle S ridotte alle condizioni

$D_0 = 0.9000$ $T_0 + 20°$ $F_0 = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 53
$0^s.5077511$	$0^s.5077923$	$0^s.5076773$	$0^s.5078529$
536	952	763	500
530	931	804	512
521	922	797	548
$S_{32} = 0^s.5077525 [\pm 5.3]$	$S_{33} = 0^s.5077932 [\pm 7.0]$	$S_{34} = 0^s.5076784 [\pm 9.7]$	$0^s.5078522 [\pm 10.0]$

$S_m = 0^s.5077691 (\pm 4.9)$

errore medio di un pendolo $\pm 8^s.4 \times 10^{-7}$.

Il valore di S_m determinato alla fine della campagna differisce dal valore determinato alla partenza di $53^s \times 10^{-7}$. Questa differenza sarà tenuta presente nel ricavare i valori della gravità nelle singole stazioni di campagna.

STAZIONI GRAVIMETRICHE ESEGUITE DURANTE LA CAMPAGNA

SUEZ — (Ottobre 1923).

$$\begin{cases} \varphi = 29^\circ\ 57'\ 53'' \text{ N.} \\ \lambda = 32\ \ 33\ \ 12 \text{ E. G.} \\ H = \text{m. } 0,80 \end{cases}$$

Sbarcati il giorno 11, il giorno dopo mettemmo in stazione gli strumenti. La stazione gravimetrica fu stabilita nella cantina della casa del Dott. Manolakis (situata presso l'Albergo Bel Air), gentilmente messa a disposizione del locatario Sig. Lazzerini. Lo strumento dei transiti fu sistemato, entro l'apposito casotto, in uno spiazzato accanto alla stazione gravimetrica: nei pressi fu sistemata anche una stazione R. T. ricevente da campo.

La latitudine fu determinata col sestante con osservazioni solari all'orizzonte artificiale; la longitudine fu ricavata dal confronto dei cronometri con i segnali orari ordinari di Parigi.

Il pavimento della cantina era di solido cemento, a m. 1,10 sotto il livello del suolo. La natura del terreno è di recente formazione sedimentaria. L'apparato pendolare fu sistemato su di una grossa lastra di marmo. Le masse pendolari risultavano a m. 0,80 sul livello del mare. La flessione del supporto risultò di $64^s \times 10^{-7} \pm 1,5$. Le due piccole finestre del locale furono chiuse con tavole e con le trapunte.

La porta di accesso al locale si trovava in altra stanzetta, a uguale livello, a cui si accedeva dall'esterno mediante una porta a scalini; le porte furono difese con delle coperte. Con tali precauzioni si ottenne che l'oscillazione della temperatura dell'ambiente superò di poco 2°.

Il cronometro Poole usato per le coincidenze fu rinchiuso in cassa nel locale stesso delle osservazioni gravimetriche, nel punto più conveniente, avuto riguardo all'irradiazione di calore dalle pareti.

Le avverse condizioni meteorologiche permisero una buona determinazione del tempo solamente la sera del 15 e la notte del 18 fu fatta la determinazione di chiusura.

Il cronometro sidereo conservò un andamento molto piccolo. Per còntro il cronometro delle coincidenze con i risultati dei confronti dimostrò brusche, ma momentanee, variazioni, dell'andamento, che indussero a ritenere si trattesse di salti.

Perciò nella calcolazione fu adottato un andamento medio, quale risulta dai confronti eseguiti tra i due cronometri all'inizio ed alla fine delle osservazioni di coincidenze: non è stato però tenuto conto del confronto fatto dopo l'osservazione astronomica del 18 Ottobre, dal quale risulta evidente una perturbazione nel cronometro a tempo medio.

Le osservazioni gravimetriche, iniziate alle 2^h ant. del 16 dovevano terminare alle 24^h del 17. La mancanza di una buona osservazione astronomica di chiusura e dei sospetti sorti sulle osservazioni eseguite col pendolo 35 (dubbi che poi risultarono fondati) mi indussero a continuare le osservazioni gravimetriche per 24 ore. In questa giornata supplementare fu eseguita una sola serie con i pendoli 32, 33 e tre serie con i pendoli 34, 35. Non fu fatta una quarta giornata di osservazioni perchè la nave doveva lasciare Suez il giorno 20 e, d'altra parte, le osservazioni astronomiche del 18 davano affidamento di una buona chiusura della determinazione.

• *Suez* — Ottobre 1923 — Confronti dei cronometri

Cronometro delle osservazioni astronomiche Nardin N° 84/9584 (a tempo sidereo)

Cronometro delle coincidenze Poole N° 5063 (a tempo medio)

Data civile	Cronometro delle osservazioni astronomiche			t_s	tm (civile)	Cronometro delle coincidenze				Annotazioni
	t_c	K + 2h 10m	Annotazioni			t_c	K + 2h	Δ K	k_m	
14	9h 27m 35s.93	24s.40	K approssimata	11h 11m 0s.33	10h 11m 37s.59	7h 48m 15s.00	23m 22s.59	+ 0s.88		Confronto iniziale
15	22 10 26. 01	24. 51		0 20 50. 52	22 47 27. 06	8 24 0. 00	27. 06			Confr. prima delle oss. astr.
	23 21 54. 15	24. 47 [± 0.031]	Oss. astronom. [Cugia]	1 32 18. 62				+ 0. 88	+ 4s.55	
	1 43 12. 27	24. 38 [± 0.027]	» » [Lupinacci]	3 53 36. 65						
16	2 49 27. 78	24. 33		4 59 52. 11	3 25 42. 94	1 2 15. 00	27. 94			Confr. dopo le osserv. astr.
	20 42 50. 00	24. 76		22 53 14. 76	21 16 9. 75	6 52 40. 00	29. 75	+ 1. 81	+ 2. 43	» prima delle » »
	2 10 42. 70	24. 87 [± 0.030]	oss. astronom. [Lupinacci]	4 21 7. 57				+ 2. 54	+ 8. 64	
17	3 47 16. 98	24. 86		5 57 41. 84	4 19 27. 29	1 55 55. 00	32. 29			Confr. dopo le osserv. astr.
	20 44 4. 47	24. 83		22 54 29. 30	21 13 28. 17	6 49 52. 50	35. 68	+ 3. 39	+ 4. 81	
18	5 12 58. 95	24. 80		7 23 23. 75	5 40 59. 26	3 17 22. 50	36. 76	+ 1. 08	+ 3. 06	
	21 1 29. 56	24. 78		23 11 54. 34	21 26 54. 46	7 3 15. 00	39. 46	+ 2. 70	+ 2. 11	Confr. prima delle oss. astr.
	23 55 57. 46	24. 77 [± 0.060]	oss. astronom. [Lupinacci]	2 6 22. 23				— 14. 38		
	2 4 21. 83	24. 72 [± 0.040]	» » [Cugia]	4 14 46. 55						
19	3 2 51. 95	24. 71		5 13 16. 66	3 27 17. 58	1 3 52. 50	25. 08			Confr. dopo le osserv. astr.
	9 2 10. 10	24. 70		11 12 34. 80	9 25 32. 44	7 2 10. 00	22. 44			

Suez — Cronometro Poole N° 5063

N. d'ordine	Data 1923 Ottobre	Pendolo	Instante medio in tempo civile	Altezza baromet. ridotta mm.700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Ampiit. media di oscillazione	Diminuzione dell'amplitudine	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 72 c.	S osservate $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Riduzioni × 10 — 7 alla densità D = 0,9000	alla temp. T = 20°	alla amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Osservatore
1	16	A 32 D	2^h24^m	61. 0	17. 32	24. 2	9118	24. 57	+ 0. 07	14'.6	6'.3	+ $4^s.22$	$37^m46^s.29$	80788	— 8	— 198	— 5		+ 248	— 34	80791	Cugia
2	»	C 33 D	3 17	60. 9	17. 71	24. 2	9114	24. 59	— 0. 02	14. 4	7. 2	»	37 36. 34	81068	8	199	5		»	»	81070	»
3	»	C 33 D	4 8	60. 8	18. 18	24. 2	9112	24. 55	— 0. 06	14. 2	7. 0	»	37 36. 46	81064	8	197	5		»	»	81068	»
4	»	A 32 D	5 0	60. 7	18. 48	24. 2	9108	24. 47	— 0. 14	15. 1	9. 6	»	37 46. 13	80711	7	193	6		»	»	80719	»
5	»	A 34 D	8 30	60. 3	22. 88	24. 8	9064	24. 30	— 0. 25	16. 3	7. 7	»	38 9. 85	79866	— 4	— 186	— 7		+ 248	— 34	79883	Lupinacci
6	»	C 35 D	9 21	60. 6	22. 61	25. 1	9061	24. 20	0. 00	15. 5	8. 7	»	37 25. 55	81277	4	182	6		»	»	81299	»
7	»	C 35 D	10 10	60. 9	22. 35	25. 5	9054	24. 17	— 0. 06	15. 5	8. 9	»	37 25. 56	81277	4	181	6		»	»	81300	»
8	»	A 34 D	11 0	61. 1	22. 05	25. 8	9046	24. 20	+ 0. 24	15. 8	7. 7	»	38 9. 47	79879	3	182	7		»	»	79901	»
9	»	A 34 D	14 34	59. 6	18. 54	25. 0	9069	24. 76	+ 0. 02	15. 1	7. 5	»	38 11. 26	79813	— 5	— 206	— 6		+ 248	— 34	79810	Cugia
10	»	C 35 D	15 26	59. 5	18. 93	24. 9	9072	24. 79	+ 0. 04	14. 9	11. 6	»	37 30. 40	81287	5	208	6		»	»	81282	»
11	»	C 35 D	16 16	59. 5	19. 32	24. 7	9074	24. 80	0. 00	14. 9	11. 4	»	37 31. 67	81240	5	208	6		»	»	81237	»
12	»	A 34 D	17 8	59. 4	19. 71	24. 6	9074	24. 81	+ 0. 04	15. 6	6. 9	»	38 11. 95	79792	5	209	6		»	»	79786	»
13	»	A 32 D	21 2	60. 5	22. 96	25. 3	9051	24. 99	+ 0. 38	16. 5	6. 9	»	37 45. 60	80733	— 3	— 217	— 7		+ 248	— 34	80720	Lupinacci
14	»	C 33 D	21 52	60. 5	22. 96	25. 3	9051	25. 07	— 0. 18	15. 5	7. 8	»	37 36. 25	81072	4	220	6		»	»	81056	»
15	»	C 33 D	22 44	60. 6	22. 96	25. 3	9053	25. 00	0. 00	16. 0	6. 8	»	37 35. 82	81089	4	217	7		»	»	81075	»
16	»	A 32 D	23 32	60. 6	22. 96	25. 3	9053	24. 97	— 0. 06	16. 0	7. 0	»	37 46. 06	80716	3	217	7		»	»	80703	»
17	17	A 34 D	2 25	60. 5	17. 89	24. 0	9114	24. 67	— 0. 16	15. 3	6. 3	+ 4. 22	38 11. 57	79803	— 7	— 203	— 6		+ 248	— 34	79801	Cugia
18	»	C 35 D	3 12	60. 6	17. 85	24. 0	9108	24. 58	— 0. 06	15. 0	8. 4	»	37 14. 69	81867	7	199	6		»	»	81869	»
19	»	C 35 D	4 14	60. 8	17. 81	23. 9	9122	24. 50	— 0. 13	15. 0	9. 0	»	37 28. 24	81365	8	195	6		»	»	81370	»
20	»	A 34 D	5 3	60. 9	17. 77	23. 9	9123	24. 42	— 0. 06	15. 0	7. 2	»	38 12. 00	79838	8	192	6		»	»	79846	»
21	»	C 33 D	9 16	61. 4	21. 55	24. 1	9106	24. 35	+ 0. 12	17. 3	5. 0	»	37 36. 67	81057	— 8	— 189	— 8		+ 248	— 34	81066	Lupinacci
22	»	A 32 D	10 3	61. 2	20. 55	24. 7	9090	24. 30	0. 00	16. 0	6. 1	»	37 45. 96	80720	6	186	7		»	»	80735	»
23	»	A 32 D	10 49	60. 0	19. 55	25. 4	9058	24. 32	— 0. 06	15. 8	6. 5	»	37 46. 52	80699	4	187	7		»	»	80715	»
24	»	C 33 D	11 42	60. 7	17. 56	26. 0	9058	24. 40	— 0. 12	15 8	7. 4	»	37 37. 01	81042	4	190	7		»	»	81055	»
25	»	A 32 D	14 20	60. 8	22. 48	24. 8	9073	24. 60	— 0. 36	15. 6	8. 4	»	37 48. 10	80605	— 5	— 199	— 6		+ 248	— 34	80609	Lupinacci
26	»	C 33 D	15 8	60. 3	21. 25	25. 3	9058	24. 75	0. 00	14. 3	8. 0	»	37 41. 68	80874	4	206	5		»	»	80873	»
27	»	C 33 D	15 57	59. 8	20. 02	25. 8	9040	24. 80	— 0. 12	14. 1	7. 8	»	37 39. 90	80939	3	208	5		»	»	80937	»
28	»	A 32 D	16 45	59. 3	18. 79	26. 4	9044	24. 82	— 0. 06	15. 8	7. 5	»	37 47. 05	80681	3	209	7		»	»	80676	»
29	»	A 34 D	21 7	60. 7	18. 06	24. 6	9098	25. 01	— 0. 01	16. 5	6. 6	»	38 9. 68	79869	— 6	— 217	— 7		+ 248	— 34	79853	Cugia
30	»	C 35 D	21 59	60. 8	17. 95	24. 2	9113	24. 94	— 0. 13	13. 1	7. 4	»	37 21. 52	81613	7	214	5		»	»	81601	»
31	»	C 35 D	22 51	60. 8	17. 84	23. 8	9125	24. 83	— 0. 13	16. 2	8. 1	»	37 22. 06	81594	8	210	7		»	»	81583	»
32	»	A 34 D	23 40	60. 9	17. 73	23. 4	9139	24. 76	— 0. 05	16. 3	8. 0	»	38 10. 57	79838	9	207	7		»	»	79829	»

Suez (segue)

N. d'ordine	Data 1923 Ottobre	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barometr. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione dell'amplitudine	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate	S osservate -10^7 ×	Riduzioni × 10 — 7 alla densità D = 0.9000	alla temp. T = 20°	all'amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F = 30	S ridotte -10^7 ×	Osservatore
33	18	A 32 D	$2^h 14^m$	60. 3	17. 22	24. 8	9091	24°.69	+ 0. 11	16'.3	6. 5	+ 4s.22	$37^m 46^s.13$	80712	— 6	— 204	— 7		+ 248	— 34	80709	Lupinacci
34	»	C 33 D	3 2	60. 3	18. 76	25. 0	9090	25. 20	— 0. 12	16. 0	7. 4	»	37 34. 24	81147	7	225	7		»	»	81122	»
35	»	C 33 D	3 48	60. 3	20. 30	25. 1	9067	25. 40	+ 0. 30	15. 8	6. 6	»	37 34. 79	81126	5	234	7		»	»	81094	»
36	»	A 32 D	4 35	60. 3	21. 84	25. 2	9058	25. 15	— 0. 36	16. 4	6. 3	»	37 45. 90	80722	4	224	7		»	»	80701	»
37	»	A 34 D	9 7	60. 7	18. 43	24. 0	9114	24. 57	+ 0. 02	17. 4	6. 6	»	38 12. 34	79776	— 7	— 198	— 8		+ 248	— 34	79777	Cugia
38	»	C 35 D	9 56	60. 4	18. 47	24. 2	9104	24. 58	+ 0 01	14. 0	8. 3	»	37 30. 12	81296	7	199	5		»	»	81299	»
39	»	C 35 D	10 44	60. 2	18. 51	24. 4	9097	24. 60	+ 0. 02	16. 5	8. 4	»	37 28. 41	81360	6	199	7		»	»	81362	»
40	»	A 34 D	11 33	59. 9	18. 55	24. 6	9086	24. 63	+ 0. 06	17. 4	7. 2	»	38 12. 20	79780	6	201	8		»	»	79779	»
41	»	A 34 D	14 37	59. 3	17. 57	24. 8	9077	24. 68	+ 0. 05	15. 3	7. 5	»	38 12. 37	79774	— 5	— 203	— 6		+ 248	— 34	79774	Lupinacci
42	»	C 35 D	15 56	59. 5	18. 48	25. 0	9069	24. 72	+ 0. 06	17. 3	5. 7	»	37 24. 59	81501	5	205	8		»	»	81497	»
43	»	C 35 D	16 44	59. 7	19. 39	25. 1	9065	24. 76	+ 0. 02	17. 0	6. 9	»	37 24. 06	81519	4	207	8		»	»	81514	»
44	»	A 34 D	16 58	59. 9	20. 29	25. 2	9059	24. 78	+ 0. 02	15. 6	7. 5	»	38 12. 37	79781	4	207	6		»	»	79778	»
45	»	A 34 D	21 11	60. 4	18. 54	25. 0	9079	25. 06	— 0. 07	15. 8	6. 6	»	38 8. 30	79919	— 5	— 220	— 7		+ 248	— 34	79901	Cugia
46	»	C 35 D	22 0	60. 2	18. 42	24. 6	9090	25. 00	— 0. 07	17. 4	7. 8	»	37 22. 95	81561	6	217	8		»	»	81544	»
47	»	C 25 D	22 50	60. 0	18. 30	24. 2	9101	24. 90	— 0. 18	16. 9	8. 0	»	37 23. 39	81544	7	212	7		»	»	81532	»
48	»	A 34 D	23 39	59. 9	18. 19	23. 8	9112	24. 82	— 0. 36	15. 8	6. 5	»	38 9. 12	79890	7	209	7		»	»	79881	»

Riassunto dei valori delle S ridotte alle condizioni

$D = 0.9000 \qquad T = +20° \qquad F = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 35
0.^{s}5080755	0.^{s}5081069	0.^{s}5079892	0.^{s}5081300
712	1066	798	260
725	1060	823	* 620
643	0955	841	* 592
705	1108	778	330
		776	* 506
$S_{32} = 0^s.5080708\ [\pm 18.4]$	$S_{33} = 0^s.5081052\ [\pm 25.6]$	$S_{34} = 0^s.5079818\ [\pm 18.1]$	$S_{35} = 0^s.5081573\ [\pm 34.3]$

$Sm = 0^s.5010788\ (\pm 14.4)$

errore medio di un pendolo $\pm 25^s.0 \times 10^{-7}$.

Non si è tenuto conto dei valori contrassegnati da asterisco.

ASSAB — (Dicembre 1923).

$$\begin{cases} \varphi = 13^\circ\ 0'\ 38'' \text{ N.} \\ \lambda = 42\ 44\ 50 \text{ E. G.} \\ H = \text{m. } 7,55 \end{cases}$$

Il giorno 12 fu sistemato l'apparato pendolare. La cortesia del Dottore A. Giovannangeli, reggente il Commissariato Regionale, ci concedette l'uso di una stanzetta di pianterreno all'angolo occidentale del suo alloggio. Il pavimento di cemento del locale è a m. 1,51 sul suolo. Il terreno è di natura vulcanica.

Le coordinate furono determinate topograficamente rispetto allo obelisco Biglieri-Giulietti; di questo monumento si hanno buone determinazioni di latitudine eseguite in precedenti campagne idrografiche. La longitudine fu da noi ottenuta mediante la differenza con Massaua determinata con la radiotelegrafia come già è descritto in altra relazione.

Il locale delle misure gravimetriche risultò ben riparato dalle variazioni degli elementi atmosferici: la temperatura ebbe piccole oscillazioni.

Fu usato il cronometro Kullberg n. 4641 che fu deposto in un piccolo locale attiguo alla stazione gravimetrica, chiuso da un leggero tramezzo.

Come risulta dallo specchio dei confronti, che riporto, la sua marcia, regolare nei primi due giorni, ebbe un forte cambiamento il terzo giorno.

Le osservazioni astronomiche, molto buone, furono fatte nelle serate del 13, 14, 15 e 16.

La flessione del supporto, determinata prima e dopo le coincidenze fu di $39^s \times 10^{-7} \pm 1.5$.

Fu fatto un terzo giorno di misure gravimetriche per le irregolarità dimostrate dai pendoli 33 e 35.

Assab — Dicembre 1923 — **Confronti dei cronometri**

Cronometro delle oss. astr. Nardin N° 84/9584 (a tempo sidereo)

Cronometro delle coincidenze Kullberg N° 4641 (a tempo medio)

Data civile	Cronometro delle osservazioni astronomiche			t_s	t_m (civile)	Cronometro delle coincidenze				Annotazioni
	t_c	K + 2^h52^m	Annotazioni			t_c	K + $2^h\,49^m$	Δ K	k_m	
13	$22^h50^m57^s.00$	$25^s.45$		$1^h43^m23^s.45$	$20^h17^m25^s.56$	$5^h27^m50^s.38$	$35^s.18$			confronto cronometri
	0 1 1.68	25.45 [± 0.027]	oss. astr. (Cugia)	2 53 27.13						
	4 1 32.39	25.45 [± 0.030]	oss. astr. (Lupinacci)	6 53 57.88	23 49 25.42	2 55 50.39	35.03			istante medio dei confronti
14	5 48 5.00	25.50		8 40 30.50	3 13 25.28	0 23 50.40	34.88	— $0^s.95$	— $0^s.97$	confronto dei cronometri
	22 8 5.00	25.83		1 0 30.83	19 30 45.05	4 41 10.90	34.15			»
	2 27 33.77	25.83 [± 0.042]	oss. astr. (Cugia)	5 19 59.59	23 10 9.01	8 20 34.93	34.08			istante medio dei confronti
15	5 28 5.00	25.83		8 20 30.83	2 49 32.97	11 59 58.97	34.00			confronto dei cronometri
	21 38 5.00	25.61		0 30 30.61	18 56 53.83	4 7 20.72	33.11	— 0.95	— 0.96	»
	23 52 58.00	25.62 [± 0.025]	oss. astr. (Lupinacci)	2 45 23.12						
	4 2 7.55	25.91 [± 0.038]	oss. astr. (Cugia)	6 54 33.46	22 50 45.57	8 1 12.52	33.05			istante medio dei confronti
16	5 27 5.00	25.91		8 19 30.91	2 44 37.30	11 55 4.32	32.98			confronto dei cronometri
	21 39 5.00	25.11		0 31 30.11	18 53 57.26	4 4 25.99	31.27	— 1.74	— 1.76	»
	0 1 2.05	25.10 [± 0.029]	oss. astr. (Lupinacci)	2 53 27.15						
	2 24 29.14	25.08 [± 0.040]	oss. astr. (Cugia)	5 16 54.22	22 31 51.45	7 42 20.14	31.31			istante medio dei confronti
17	4 56 5.00	25.07		7 48 30.07	2 9 45.63	11 20 14.29	31.34			confronto dei cronometri

Assab = Cronometro Kullberg N° 4641

N. d'ordine	Data 1923 Dicembre	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza baromet. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplit.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 72 c	S osservate $0^s,50 + 10 - 7$	Riduzione × 10 — 7: alla densità D = 0,9000	alla temperat. T = 20	alla amplit. infinit.	a tempo sid.	a tempo medio	a supporto unico $F' = 30$	S ridotte $0^s,50 + 10 - 7 \times$	Osservatore
1	14	A 32 D	$0^h 41^m$	61. 6	18. 04	26. 4	9056	27. 00	— 0. 01	15. 6	6. 9	— 0°.97	$36^m 25^s.59$	83737	— 4	— 304	— 6		— 57	— 9	83357	Cugia
2	»	C 33 D	2 25	61. 1	18. 25	26. 5	9044	27. 00	+ 0. 01	17. 5	7. 4	»	36 16. 66	84086	3	304	8		»	»	83705	»
3	»	C 33 D	3 12	60. 5	18. 46	26. 5	9036	27. 00	0. 00	16. 9	7. 5	»	36 15. 81	84139	3	304	7		»	»	83759	»
4	»	A 32 D	3 57	59. 5	18. 67	26. 6	9024	27. 01	+ 0. 05	15. 8	6. 3	»	36 25. 46	83742	2	304	7		»	»	83363	»
5	»	A 34 D	6 24	60. 2	19. 12	27. 1	9011	27. 27	+ 0. 09	15. 3	7. 1	»	36 44. 24	83018	— 1	— 315	— 6		— 57	— 9	82630	Lupinacci
6	»	C 35 D	7 14	60. 6	18. 93	27. 2	9015	27. 25	— 0. 15	15. 4	7. 8	»	36 0. 93	84707	1	315	6		»	»	84319	»
7	»	C 35 D	8 0	61. 0	18. 74	27. 3	9017	27. 20	— 0. 01	16. 0	8. 0	»	36 2. 46	84648	1	305	7		»	»	84269	»
8	»	A 34 D	8 48	61. 3	18. 75	27. 4	9018	27. 20	+ 0. 01	15. 7	7. 1	»	36 44. 58	83005	1	305	6		»	»	82627	»
9	»	A 34 D	11 0	60. 7	19. 79	26. 4	9040	27. 20	0. 00	15. 7	6. 8	«	36 48. 02	82872	— 3	— 305	— 6		— 57	— 9	82492	Cugia
10	»	C 35 D	12 18	60. 2	18. 38	26. 5	9031	27. 19	— 0. 03	15. 4	8. 4	»	36 6. 05	84505	2	312	6		»	»	84119	»
11	»	C 35 D	15 8	58. 6	18 ·96	26. 5	9011	27. 19	+ 0. 03	12. 7	9. 0	»	36 7. 52	84447	1	312	4		»	»	84064	»
12	»	A 34 D	15 56	58. 0	19. 05	26. 6	9001	27. 21	+ 0. 03	15. 6	6. 3	»	36 48. 10	82869	1	303	6		»	»	82493	»
13	»	A 32 D	17 56	58. 1	22. 83	26. 5	8988	27. 57	— 0. 07	17. 0	6. 4	»	36 25. 04	83757	+ 1	— 328	— 8		— 57	— 9	83356	Lupinacci
14	»	C 33 D	18 42	58. 6	22. 31	26. 8	8987	27. 53	— 0. 07	15. 0	9. 2	»	36 23. 55	83816	1	327	6		»	»	83418	»
15	»	C 33 D	19 16	59. 2	21. 79	27. 1	8988	27. 45	— 0. 15	15. 3	8. 7	»	36 23. 12	83833	1	323	6		»	»	83439	»
16	»	A 32 D	20 20	59. 7	21. 27	27. 4	8987	27. 40	0. 00	16. 4	7. 2	»	36 26. 93	83685	1	305	7		»	»	83308	»
17	15	A 34 D	0 5	60. 7	19. 83	27. 2	9011	27. 30	+ 0. 30	16. 5	6. 8	— 0. 96	36 45. 50	82969	— 1	— 305	— 7		— 56	— 9	82591	Lupinacci
18	»	C 35 D	0 51	60. 3	20. 62	27. 4	8986	27. 40	0. 00	13. 6	9. 8	»	36 20. 26	83945	+ 1	305	5		»	»	83571	»
19	»	C 35 D	1 37	59. 9	21. 41	27. 6	8983	27. 37	— 0. 07	17. 1	9. 6	»	36 19. 71	83966	1	320	8		»	»	83574	»
20	»	A 34 D	2 24	59. 5	22. 22	27. 8	8968	27. 35	0. 00	16. 4	7. 2	»	36 47. 33	82898	2	319	7		»	»	82509	»
21	»	A 32 D	7 31	60. 8	19. 67	26. 2	9044	27. 21	+ 0. 01	16. 5	5. 9	»	36 26. 89	83686	— 3	— 303	— 7		— 56	— 9	83308	Cugia
22	»	C 33 D	8 17	60. 9	20. 09	25. 9	9049	27. 23	+ 0. 04	16. 3	8. 3	»	36 21. 19	83909	4	314	7		»	»	83519	»
23	»	C 33 D	9 3	61. 0	20. 51	25. 7	9054	27. 22	— 0. 06	16. 2	7. 8	»	36 20. 97	83919	4	313	7		»	»	83530	»
24	»	A 32 D	9 48	61. 1	20. 44	25. 4	9126	27. 20	0. 00	17. 3	6. 0	»	36 25. 40	83744	8	305	8		»	»	83358	»
25	»	A 32 D	12 7	59. 0	21. 78	27. 2	8982	27. 20	0. 00	15. 8	5. 9	»	36 24. 24	83789	+ 1	— 305	— 7		— 56	— 9	83413	Lupinacci
26	»	C 33 D	14 15	58. 9	21. 64	27. 4	8976	27. 20	0. 00	15. 2	8. 4	»	36 15. 77	84130	2	305	6		»	»	83747	»
27	»	C 33 D	16 0	58. 9	21. 49	27. 5	8974	27. 22	+ 0. 07	17. 0	7. 1	»	36 18. 38	84019	2	313	8		»	»	83635	»
28	»	A 32 D	15 45	58. 8	21. 34	27. 6	8969	27. 25	0. 00	15. 9	5. 7	»	36 25. 61	83735	2	315	8		»	»	83350	»
29	»	A 34 D	18 3	58. 8	23. 87	25. 8	9011	27. 22	0. 00	16. 5	7. 4	»	36 47. 96	82875	— 1	— 313	— 7		— 56	— 9	82489	Cugia
30	»	C 35 D	18 51	59. 4	22. 87	26. 3	9010	27. 32	+ 0. 28	15. 6	10. 5	0	36 14. 91	84155	1	318	6		·	»	83705	»
31	»	C 35 D	21 0	60. 1	21. 87	26. 9	8991	27. 41	0. 00	15. 6	9. 6	»	26 16. 41	84096	+ 1	322	6		»	»	83704	»
32	»	A 34 D	21 43	60. 7	20. 87	27. 4	9012	27. 41	— 0. 01	16. 4	6. 9	»	36 46. 18	82942	1	322	7		»	»	82559	»

Assab (segue)

N. d'ordine	Data 1923 Dicembre	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barom.t. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria $\times 10^4$	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperat.	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplitud.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 72 c	S osservate $0^s,50 + 10 - 7\times$	Riduzioni $\times 10 - 7$ alla densità D = 0.9000	alla temperat. T = 20°	alla amplit. infinit.	a tempo sid.	a tempo medio	a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s,50 + 10 - 7\times$	Osservatore
33	16	A 32 D	$0^h 43^m$	60.7	22.96	27.6	8984	27.30	+ 0.30	15.9	6.5	— 1s.74	36m24s.07	83796	+ 1	— 305	— 7		— 102	— 9	83374	Lupinacci
34	»	C 33 D	1 28	60.5	22.84	27.5	8987	27.42	+ 0.07	15.8	7.7		36 15.47	84133	1	322	7		»	»	83694	»
35	»	C 33 D	2 12	60.3	22.71	27.3	8990	27.42	— 0.07	15.6	7.2		36 16.26	84102	2	322	6		»	»	83664	»
36	»	A 32 D	2 57	60.1	22.59	27.2	8992	27.40	0.00	15.9	6.5		36 23.82	83806	0	305	7		»	»	83383	»
37	»	A 34 D	7 34	61.2	20.30	25.8	9085	27.32	— 0.03	17.6	6.0		36 43.69	83038	— 4	— 318	— 8		— 102	— 9	82597	Cugia
38	»	C 35 D	8 16	61.6	20.39	25.9	9057	27.30	— 0.03	14.6	7.4		36 4.69	84559	4	305	6		»	»	84133	»
39	»	C 35 D	9 1	61.9	20.47	25.9	9048	27.28	— 0.03	14.9	7.1		36 4.67	84560	3	316	6		»	»	84124	»
40	»	A 34 D	9 46	62.3	20.56	26.0	9063	27.31	0.00	17.4	6.2		36 44.23	83017	4	317	8		»	»	82577	»
41	»	A 34 D	11 40	61.3	22.59	27.2	9006	27.22	+ 0.07	15.8	6.8		36 42.98	83065	0	— 313	— 7		— 102	— 9	82634	Lupinacci
42	»	C 35 D	14 7	59.9	22.06	27.2	8992	27.27	+ 0.07	15.3	7.5		36 2.37	84651	+ 1	315	6		»	»	84220	»
43	»	C 35 D	14 51	59.4	21.53	27.2	8988	27.30	0.00	14.9	7.4		36 3.20	84618	1	305	6		»	»	84197	»
44	»	A 34 D	15 38	59.6	21.00	27.2	8986	27.30	0.00	16.2	6.5		36 45.34	82974	1	305	7		»	»	82552	»
45	»	A 32 D	18 23	59.3	20.69	25.8	9031	27.41	+ 0.01	16.7	6.6		36 25.65	83724	— 2	— 326	— 7		— 102	— 9	83298	Cugia
46	»	C 33 D	19 9	59.8	20.67	25.9	9039	27.41	— 0.01	16.7	8.1		36 18.75	84004	3	326	7		»	»	83558	»
47	»	C 33 D	21 10	60.4	20.65	26.1	9037	27.41	0.00	16.4	7.8		36 20.05	83953	3	326	7		»	»	83506	»
48	»	A 32 D	21 56	60.9	20.63	26.2	9040	27.41	— 0.01	16.4	6.8		26 26.81	83689	3	326	7		»	»	83242	»

Riassunto dei valori delle S ridotte alle condizioni

$D_0 = 0.9000$ $T_0 = 20^0$ $F_0 = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 35
0.^{s}5083360	0^s.5083732	0^s.5082629	0^s.5084294
332	* 429	493	4092
333	525	550	* 3573
381	691	524	* 3735
379	679	587	4129
270	532	593	4209
$S_{32} = 0^s.5083343$ [± 16.9]	$S_{33} = 0^s.5083632$ [± 43.1]	$S_{34} = 0^s.5082563$ [± 20.3]	$S_{35} = 0^s.5084181$ [± 44.9]

$S_m = 0^s.5083430$ (± 19.5)

errore medio di un pendolo ± 33^s.8 × 10 $^{-7}$.

I valori contrassegnati da un asterisco sono stati esclusi dalle medie.

ASMARA — (Dicembre 1923).

$$\begin{cases} \varphi = 15^\circ\ 20'\ 10'' \text{ N.} \\ \lambda = 38\ \ 55\ \ 50 \text{ E. G.} \\ H = \text{m. } 2335 \end{cases}$$

Per il personale gentile interessamento del Comm. POLLERA, Segretario Generale della Colonia che, per la temporanea assenza di S. E. il Governatore, reggeva il Governo, ci fu concesso l'uso di un'ala della Foresteria Governativa.

Lo strumento dei transiti fu sistemato in un viale appartato dei Giardini Governativi, a pochi metri dal locale gravimetrico. Le misure di oscillazione dei pendoli furono eseguite nella piccola cantina dell'ala di ponente della Foresteria. Il pavimento, di cemento, si trovava a circa un metro sotto il livello del suolo. Il suolo è costituito da roccia feldspatica compatta. Due piccole finestre furono ermeticamente chiuse con tavole e isolate con le trapunte.

Le coordinate geografiche della stazione furono ricavate mediante le carte topografiche dell'Istituto Geografico Militare. L'elevazione sul livello del mare fu ottenuta con riferimento al segnale di Beit Macà e fu controllata mediante osservazioni barometriche simultanee eseguite ad Asmara ed a Massaua.

Gli strumenti furono sistemati nei giorni 24 e 25. Il 26 furono fatte le determinazioni iniziali di flessione del supporto e la sera stessa si potevano iniziare le osservazioni gravimetriche, che si dovettero prolungare per quattro giorni. Solamente la sera del 27 non si potè eseguire l'osservazione astronomica per lo stato nuvoloso del cielo. Il cronometro sidereo ebbe un salto all'ultimo giorno: anche il cronometro delle coincidenze ebbe leggeri sbalzi. I confronti eseguiti ogni sei ore permisero di seguire attentamente l'andamento dei due cronometri.

La flessione del supporto, dalle determinazioni eseguite prima e dopo le coincidenze, risultò $F = 43^s \times 10^{-7} \pm 1.0$.

Asmara — Dicembre 1923 — **Confronti dei cronometri**

Cronometro delle osservazioni astronomiche Nardin N° 84/9584 (a tempo sidereo)
Cronometro delle coincidenze Kullberg N° 4641 (a tempo medio)

Data civile	Cronometro delle osservazioni astronomiche			t_s	t_m (civile)	Cronometro delle coincidenze				Annotazioni
	t_c	K + 2h 37m	Annotazioni			t_c	K + 2h 34m	ΔK	k_m	
26	0h 17m 5.00	14.26		2h 54m 19s.37	8h 37m 4s.01	6h 2m 55s.75	8s.26			
		14.31 [± 0.059]	Oss. astr. (Cugia - Lupinacci)							
					22 41 13.55	8 7 5.02	8.06			Istante medio dei confronti
27	4 26 5.00	14.30		7 3 19.30	0 45 23.14	10 11 15.29	7.85			
	1 8 5.00	14.17	Oss. astr. mancata per nuvole	3 45 19.17	21 23 59.54	6 49 54.17	5.37	— 3s.72	— 1.86	
28	6 19 5.00	14.12		8 47 19.14	2 25 10.03	11 51 5.11	4.92			
	0 58 5.00	14.01		3 25 19.01	21 10 5.11	6 36 0.52	4.59			
		13.99 [± 0.041]	Oss. astr. (Lupinacci - Cugia)							
					22 42 50.30	8 8 45.50	4.34			Istante medio dei confronti
29	4 4 5.00	13.95		6 41 18.95	0 15 34.58	9 41 30.49	4.09			
	0 35 5.00	13.44		3 12 18.44	20 43 12.39	6 9 8.41	3.98	— 1.42	— 1.43	
		13.38 [± 0.042]	Oss. astr. (Lupinacci)							
					22 27 55.19	7 53 51.41	3.72			
30	4 5 5.00	13.32		6 42 18 32	0 12 37.88	9 38 34.41	3.47			
	0 45 5.00	12.03		3 22 17.03	20 49 13.44	6 15 10.75	2.69	— 1.71	— 1.72	Istante medio dei confronti
		11.91 [± 0.061]	Oss. astr. (Cugia - Lupinacci)							
					22 20 57.78	7 46 55.77	2.01			
	3 49 5.00	11.84		6 26 16.84	23 52 42.11	9 18 40.78	1.33			

Asmara — Cronometro Kullberg N° 4651

N. d'ordine	Data 1923 Dicembre	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barometr. ridotta mm. 500 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplitud.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate 72 c	S osservate $0^s.50 + 10^{-7} \times$	Riduzioni × 10^{-7}: alla densità D = 0,9000	alla temperat. T = 20°	alla amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s.50 + 10^{-7} \times$	Osservatore
1	27	A 32 D	0^h25^m	80.8	7.32	17.6	7175	16.55	0.00	15'.9	5.4	— $1^s.86$	$36^m08^s.34$	84414	+ 119	+ 150	— 7		— 94	— 13	84554	Cugia
2	»	C 33 D	1 12	80.6	7.23	17.5	7175	16.58	+ 0.06	15.0	7.4	»	35 57.94	84828	119	148	6		»	»	84967	»
3	»	C 33 D	1 58	80.3	7.14	17.5	7171	16.61	+ 0.04	17.0	5.3	»	35 57.66	84839	120	147	8		»	»	84976	»
4	»	A 32 D	2 43	80.1	7.05	17.4	7171	16.64	+ 0.04	16.1	6.2	»	36 08.29	84416	120	146	7		»	»	84553	»
5	»	A 34 D	6 4	80.6	9.72	17.6	7171	16.70	0.00	16.7	6.6	»	36 26.13	83716	+ 120	+ 143	— 7		— 94	— 13	83850	Lupinacci
6	»	C 35 D	6 52	80.6	9.14	17.7	7168	16.80	0.00	16.2	7.1	»	35 40.81	85519	120	138	7		»	»	85648	»
7	»	C 35 D	7 36	80.7	8.57	17.7	7171	16.80	0.00	16.3	6.6	»	35 41.70	85482	120	138	7		»	»	85611	»
8	»	A 34 D	8 21	80.9	7.99	17.8	7171	16.80	0.00	16.4	6.4	»	36 27.21	83674	120	138	7		»	»	83801	»
9	»	A 34 D	12 47	81.5	7.93	16.6	7208	16.78	— 0.04	16.2	6.3	»	36 27.86	83649	+ 117	+ 140	— 7		— 94	— 13	83777	Cugia
10	»	C 35 D	13 31	81.1	8.03	17.0	7192	16.77	+ 0.03	16.4	8.4	»	35 41.46	85492	118	140	7		»	»	85621	»
11	»	C 35 D	14 31	80.6	8.14	17.4	7177	16.77	— 0.02	16.5	6.0	»	35 40.99	85511	119	140	7		»	»	85641	»
12	»	A 34 D	15 17	80.6	8.25	17.8	7167	16.78	+ 0.04	16.4	6.8	»	36 27.73	83654	120	140	7		»	»	83785	»
13	»	A 32 D	17 44	81.7	9.30	17.4	7191	16.95	0.00	16.9	6.3	»	36 06.49	84484	+ 118	+ 132	— 7		— 94	— 13	84605	Lupinacci
14	»	C 33 D	18 30	82.0	9.35	17.0	7203	16.95	0.00	15.7	0.9	»	35 59.23	84776	118	132	6		»	»	84898	»
15	»	C 33 D	19 14	82.2	9.40	17.4	7197	16.97	+ 0.07	15.7	6.6	»	35 58.22	84817	118	131	6		»	»	84938	»
16	»	A 42 D	21 46	82.5	9.45	16.8	7214	17.00	0.00	16.8	6.0	»	36 06.42	84490	118	130	7		»	»	84609	»
17	»	A 34 D	23 54	80.1	9.51	16.6	7189	17.01	+ 0.03	16.4	6.0	— 1.86	36 26.18	83714	+ 119	+ 130	— 7		— 94	— 13	83834	Lupinacci
18	28	C 35 D	0 39	80.3	9.77	16.5	7195	17.04	+ 0.07	15.5	6.5	»	35 44.22	85380	118	128	6		»	»	85498	»
19	»	C 35 D	1 23	80.4	10.04	16.3	7201	17.05	— 0.07	16.2	7.2	»	35 44.33	85376	118	128	7		»	»	85493	»
20	»	A 34 D	2 9	80.6	10.30	16.2	7206	17.02	0.00	16.4	6.2	»	36 26.64	83696	117	129	7		»	»	83813	»
21	»	A 32 D	7 28	81.3	8.61	17.2	7191	16.95	— 0.03	16.7	6.3	»	36 07.79	84436	+ 118	+ 133	— 7		— 94	— 13	84557	Cugia
22	»	C 33 D	8 13	81.4	8.35	17.1	7195	16.99	— 0.04	17.5	6.2	»	35 56.53	84884	118	131	8		»	»	85003	»
23	»	C 33 D	8 58	81.4	8.08	17.1	7195	16.92	+ 0.03	17.8	5.9	»	35 56.32	84893	118	134	8		»	»	85015	»
24	»	A 32 D	9 43	81.5	7.82	17.0	7198	16.93	0.00	16.8	6.3	»	36 08.15	84422	118	123	7		»	»	84544	»
25	»	A 32 D	11 38	81.9	9.86	15.6	7237	16.67	0.00	16.9	6.8	»	36 06.96	84469	+ 115	+ 145	— 7		— 94	— 13	84600	Lupinacci
26	»	C 33 D	13 52	81.7	10.27	15.9	7227	16.84	— 0.03	16.1	7.1	»	36 0.96	84708	116	133	7		»	»	84832	»
27	»	C 33 D	14 36	81.4	10.67	16.2	7217	16.06	+ 0.03	16.6	6.8	»	35 58.04	84824	117	136	7		»	»	84948	»
28	»	A 32 D	15 21	81.2	11.08	16.5	7206	16.87	0.00	16.7	5.9	»	36 6.72	84479	117	136	7		»	»	84603	»
29	»	A 34 D	17 27	81.4	13.10	17.2	7190	17.11	0.00	18.0	6.3	»	36 26.60	83698	+ 118	+ 125	— 9		— 94	— 13	83810	Cugia
30	»	C 35 D	18 12	81.6	13.00	17.2	7192	17.10	— 0.03	16.4	6.8	»	35 42.56	85450	118	126	7		»	»	85565	»
31	»	C 35 D	18 56	81.9	12.90	17.2	7196	17.08	— 0.01	17.0	6.5	»	35 43.54	85408	118	127	8		»	»	85523	»
32	»	A 34 D	19 57	82.1	12.86	17.2	7198	17.16	— 0.06	16.8	6.3	»	36 25.90	83725	118	123	7		»	»	83837	»

N. d'ordine	Data 1923 Dicembre	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barom. ridotta mm. 500 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperat.	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplit.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate	S osservate $0^s,50 + 10 - 7$	Riduzioni × 10 — 7					S ridotte $0^s,50 + 10 - 7 \times$	Osservatore
															alla densità D = 0.9000	alla temperat. T = 26°	alla amplit. infinit.	a tempo sid.	a tempo medio	a supporto unico F = 30	
33	29	A 32 D	$0^h\ 18^m$	81. 9	10. 67	17. 4	7192	17. 50	0. 00	16. 3	5. 9	— $1^s.43$	$36^m\ 5^s.66$	84521	+ 118	+ 109	— 7		— 84	— 13	84644	Lupinacci
34	»	C 33 D	1 4	81. 7	10. 94	17. 3	7192	17. 45	— 0. 15	16. 3	5. 9	»	35 55. 73	84916	118	111	7		»	»	85041	»
35	»	C 33 D	1 51	81. 5	11. 21	17. 1	7194	17. 40	0. 00	16. 3	5. 9	»	35 55. 95	84908	118	113	7		»	»	85035	»
36	»	A 32 D	2 39	81. 2	11. 48	17. 0	7193	17. 35	0. 00	16. 9	5. 9	»	36 5. 68	84520	118	115	6		»	»	84649	»
37	»	A 34 D	7 40	81. 2	7. 91	17. 5	7182	16. 94	— 0. 03	16. 6	6. 4	»	36 27. 57	83662	+ 118	+ 133	— 7		— 84	— 13	83809	Cugia
38	»	C 35 D	8 36	81. 5	7. 88	17. 4	7188	16. 91	— 0. 06	16 7	6. 6	»	35 47. 83	85234	118	134	7		»	»	85382	»
39	»	C 35 D	9 20	81. 7	7. 86	17. 3	7193	16. 90	+ 0. 03	16. 9	5. 9	»	35 47. 72	85239	118	135	7		»	»	85388	»
40	»	A 34 D	10 7	82. 0	7. 83	17. 2	7199	16. 90	— 0. 03	16. 8	6. 3	»	36 27. 67	83656	118	135	7		»	»	83805	»
41	»	A 34 D	11 35	81. 5	10. 54	15. 8	7227	16. 60	0. 00	16. 3	6. 5	»	36 27. 08	83679	+ 116	+ 147	— 7		— 84	— 13	83838	Lupinacci
42	.	C 35 D	13 31	81. 5	10. 53	16. 2	7217	16. 76	— 0. 03	15. 8	7. 7	»	35 45. 50	85328	117	141	7		»	»	85482	»
43	»	C 35 D	14 7	81. 4	9. 51	16. 6	7206	16. 78	+ 0. 10	16. 7	6. 6	»	35 45. 33	85335	117	140	7		»	»	85488	»
44	»	A 34 D	15 3	81. 4	9. 00	17. 0	7197	16. 82	0. 00	16. 4	6. 3	»	36 28. 07	83640	118	138	7		»	»	83792	»
45	»	A 32 D	17 16	81. 4	8. 88	17. 2	7192	17. 05	0. 00	16. 9	6. 2	»	36 8. 11	84423	+ 118	+ 128	— 7		— 84	— 13	84565	Cugia
46	»	C 33 D	18 0	81. 7	8. 84	17. 3	7198	17. 06	+ 0. 03	16. 7	6. 6	»	35 59. 39	84770	118	128	7		»	»	84912	»
47	»	C 33 D	18 44	82. 0	8. 79	17. 3	7202	17. 05	— 0. 04	17. 4	6. 9	»	35 58. 53	84804	118	128	8		»	»	84945	»
48	»	A 82 D	20 28	82. 3	8. 75	17. 4	7198	17. 03	— 0. 03	17. 2	6. 2	»	36 8. 41	84412	118	128	8		»	»	84553	»
49	30	A 34 D	0 18	82. 2	8. 37	17. 6	7192	16. 99	— 0. 01	16. 7	6. 2	— 1. 72	36 28. 58	83620	+ 118	+ 131	— 7		— 101	— 13	83748	Cugia
50	»	C 35 D	1 4	81. 9	8. 29	17. 6	7185	16. 99	0. 00	16. 7	8. 2	»	35 43. 51	85409	118	131	7		»	«	85537	»
51	»	C 35 D	1 48	81. 6	8. 19	17. 6	7188	16. 99	0. 00	16. 1	6. 4	»	35 44. 92	85352	118	131	7		»	»	85480	»
52	»	A 34 D	2 33	81. 3	8. 11	17. 6	7181	16. 99	0. 00	16. 8	6. 3	»	36 29. 50	83584	118	131	7		»	»	83712	»
53	»	A 32 D	6 0	81. 6	10. 08	17. 0	7198	16. 77	0. 00	16. 5	6. 5	»	36 9. 21	84380	+ 118	+ 145	— 7		— 101	— 13	84522	Lupinacci
54	»	C 33 D	6 48	81. 8	10. 04	17. 1	7198	16. 80	0. 00	16. 5	6. 6	»	35 59. 66	84759	118	139	7		»	»	84895	o
55	»	C 33 D	7 34	81. 9	10. 00	17. 1	7199	16. 80	0. 00	16. 5	6. 6	»	35 59. 45	84768	118	139	7		»	»	84904	»
56	»	A 32 D	8 23	82. 1	9. 96	17. 2	7199	16. 80	0. 00	16. 7	6. 5	»	36 8. 86	84365	118	139	7		»	»	84501	»
57	»	A 32 D	11 22	82. 0	6. 42	17. 4	7196	16. 79	— 0. 01	16. 5	6. 0	»	36 8. 20	84417	+ 118	+ 139	— 7		— 101	— 13	84553	Cugia
58	»	C 33 D	12 6	81. 6	6. 81	17. 5	7204	16. 79	+ 0. 01	16. 6	7. 1	»	35 1. 63	84681	118	139	7		»	»	84817	»
59	»	C 33 D	14 9	81. 2	7. 20	17. 5	7182	16. 79	— 0. 12	16. 6	7. 1	»	35 0. 38	84731	118	141	7		»	»	84869	»
60	»	A 32 D	14 53	80. 8	7. 59	17. 6	7175	16. 72	+ 0. 01	16. 5	6. 0	»	36 8. 07	84425	119	142	7		»	»	84565	»
61	»	A 34 D	17 42	80. 9	9. 54	17. 0	7190	16. 81	0. 00	16. 3	6. 8	»	36 29. 77	83574	+ 118	+ 138	— 7		— 101	— 13	83709	Lupinacci
62	»	C 35 D	18 28	81. 3	9. 91	16. 5	7207	16. 80	— 0. 01	16. 4	6. 5	«	35 44. 36	85374	117	139	7		»	»	85509	»
63	»	C 35 D	19 15	81. 6	10. 29	16. 0	7223	16. 80	0. 00	16. 9	6. 5	»	35 45. 57	85325	116	139	7		»	»	85459	»
64	»	A 34 D	21 47	82. 0	10. 66	15. 6	7238	16. 80	0. 00	16. 0	6. 5	»	36 29. 99	83566	115	139	7		»	»	83699	»

Riassunto dei valori delle S ridotte alle condizioni

$D_o = 0.9000$ $T_o = 20°$ $F_a = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 35
0s.5084554	0s.5084972	0s.5983826	0s.5085630
607	4918	781	631
551	5009	824	496
602	4890	824	534
647	5038	807	* 385
559	4929	815	485
512	4900	730	509
599	4843	704	474
$S_{32} = 0^s.5084574$ [± 14.9]	$S_{33} = 0^s.5084937$ [± 22.9]	$S_{34} = 0^s.5083789$ [± 16.7]	$S_{35} = 0^s.5085437$ [± 25.2]

$S_m = 0^s.5084709$ (± 11.8)

errore medio di un pendolo $\pm 20^s.4 \times 10^{-7}$.

Il valore di P 35 contrassegnato da asterisco è stato scartato.

MASSAUA — (Gennaio 1924).

$$\begin{cases} \varphi = 15^\circ\ 37'\ 16''\ \text{N.} \\ \lambda = 39\ 28\ 45\ \text{E. G.} \\ H = \text{m. } 6{,}51 \end{cases}$$

Le coordinate geografiche della stazione furono ricavate con metodi topografici dai punti di dettaglio esistenti in Massaua.

L'apparato pendolare fu sistemato in un vasto stanzone adibito ad alloggio degli ascari della stazione R. T.: non fu possibile trovare altro locale che rispondesse meglio al fine.

La stazione si trova in prossimità del marabutto di Abd el Kader. Una grande porta di accesso fu chiusa con tavole e riparata nel miglior modo possibile con coperte: allo stesso modo furono chiuse tre grandi finestre. Una piccola porta per la quale si accedeva al locale gravimetrico, fu difesa con una trapunta. La temperatura dell'aria ebbe oscillazioni notevoli (di circa 4°).

Anche la temperatura dei pendoli subì forti oscillazioni, di circa 3°. Il pavimento dello stanzone, di cemento, risultava allo stesso livello del suolo esterno.

Il terreno è di recente formazione madreporica, ma riposa su antiche rocce vulcaniche.

Il cronometro delle coincidenze fu sistemato nello stesso locale, nel punto meno esposto a variabile irradiazione di calore delle pareti.

Lo strumento dei transiti fu sistemato in conveniente posizione presso il locale gravimetrico.

Le osservazioni cominciarono alla mezzanotte del 5 Gennaio, dopo la misura della flessione del supporto. Il tempo piovoso impedì l'osservazione del giorno 8. Le altre quattro osservazioni furono tutte buonissime, eseguite in condizioni favorevoli di tempo, e di visibilità. Il cronometro delle osservazioni astronomiche ebbe un andamento sufficientemente regolare. I confronti fatti prima e dopo le osservazioni astronomiche e altre due volte nelle 24 ore, a intervalli regolari, permetterono di seguire le variazioni dell'andamento del cronometro.

Nella calcolazione mi sono servito degli andamenti medi per gli intervalli tra i varii confronti. Probabilmente, oltre che delle oscillazioni della temperatura, il cronometro aveva risentito del trasporto sulla ferrovia Asmara-Massaua e del forte sbalzo di temperatura tra le due stazioni (circa 10°).

Altro elemento di perturbazione nelle misure è stata la mediocre tranquillità del suolo. Un forte boato, seguito da scossa, fu da me distintamente percepito alle 5^h ant. del 9 quando mi ritiravo, ultimata la posa dei pendoli che dovevano servire per la serie successiva; un'altra scossa era già stata avvertita dal Sig. Lupinacci la sera prima, mentre tentava di eseguire l'osservazione astronomica.

È da notare come, appunto dopo queste scosse, l'andamento del cronometro delle coincidenze abbia addirittura mutato segno.

Ho ritenuto quindi opportuno non introdurre nelle medie i valori delle durate di oscillazione ricavati nell'intervallo che, dalle 14^h del giorno 8, va alle 12^h del 9 Gennaio, nell'intervallo cioè che comprende gli istanti in cui furono da noi rilevate quelle scosse che probabilmente hanno perturbato la marcia del cronometro, e lasciano il dubbio che altre scosse di terremoto, inavvertite dagli osservatori, abbiano potuto perturbare le oscillazioni pendolari. Si sono così scartate le osservazioni dal n° 41 al n° 56, che dànno i valori delle durate di oscillazione che più si discostano dai rispettivi valori medi. I valori scartati sono contrassegnati con asterisco nel riassunto che segue.

La flessione media del supporto risultò di $51^s \times 10^{-7} \pm 0{,}1$.

Massaua — Gennaio 1924 — **Confronti dei cronometri**

Cronometro delle osservazioni astronomiche Nardin N° 84/9584 (a tempo sidereo)

Cronometro delle coincidenze Kullberg N° 4641 (a tempo medio)

Data civile	Cronometro delle osservazioni astronomiche			t_s	t_m civile	Cronometro delle coincidenze				Annotazioni
	t_c	$K + 2^h34^m$	Annotazioni			t_{c_o}	K $\pm 2^h\,35^m$	Δ K	k_m	
5	$1^h20^m\ 5^s.00$	$25^s.21$		$3^h59^m30^s.21$	$9^h\ 2^m45^s.06$	$6^h26^m43^s.24$	$61^s.82$			
		25. 85 [± 0.032]	oss. astr. (Cugia-Lupinacci)							
					23 59 46. 41	9 23 44. 82	61. 59			Istante medio delle oss. astr.
6	7 15 5. 00	26. 07		9 54 31. 07	2 56 47. 76	0 20 46. 40	61. 36	— $0^s.39$	— $0^s.66$	
	18 26 5. 00	27. 77		21 5 32. 77	14 5 59. 52	11 29 58. 32	61. 20			
	3 18 5. 00	29. 11		5 57 34. 11	22 56 33. 70	8 20 32. 91	60. 79	— 0. 75	— 1. 68	
		29. 48 [± 0.022]	oss. astr. (Cugia)							
7					0 47 45. 69	10 11 45. 14	60. 45			Istante medio delle oss. astr.
	7 1 5. 00	29. 61		9 40 34. 61	2 38 57. 67	0 2 57. 57	60. 10	— 0. 72	— 2. 35	
	12 31 5. 00	30. 12		15 10 35. 12	8 8 4. 12	5 32 4. 39	59. 73			
	20 1 5. 00	30. 83		22 40 35. 83	15 36 51. 12	1 0 51. 73	59. 39	— 0. 34	— 1. 26	
	3 33 5. 00	31. 54		6 12 36. 54	23 7 37. 77	8 31 39. 17	58. 60	— 0. 96	— 2. 45	
		31. 73 [± 0.040]	oss. astr. (Lupinacci-Cugia)							
8					0 58 49. 66	10 22 51. 23	58. 43			Istante medio delle oss. astr.
	7 16 5. 00	31. 86		9 55 36. 86	2 50 1. 54	0 14 3. 29	58. 25	— 0. 81	— 2. 59	
	12 39 5. 00	32. 32		15 18 37. 32	8 12 9. 09	5 36 11. 47	57. 62			
	19 3 5. 00	32. 88		21 42 37. 88	14 35 6. 74	11 59 9. 74	57. 00	— 0. 62	— 6. 37	
	3 53 5. 00	33. 64	oss. astr. mancata per pioggia	6 32 38. 64	23 23 40. 67	8 47 44. 40	56. 27			
					0. 41 28. 01	10 5 31. 86	56. 15	— 0. 95	— 2. 36	
9										
	6 29 5. 00	33. 87		9 8 38. 87	1 59 15. 34	11 23 19. 31	56. 03	— 0. 53	— 1. 35	Istante intermedio
	14 38 5. 00	34. 58		17 17 39. 58	10 6 55. 94	7 31 0. 32	55. 62			
	18 33 5. 00	34. 92		21 12 39. 92	14 1 17. 78	11 25 22. 08	55. 70	+ 0. 08	+ 0. 49	
	1 50 5. 00	35. 60		4 29 40. 60	21 17 6. 86	6 41 11. 36	55. 50	— 0. 20	— 0. 67	
	3 40 5. 00	35. 77		6 19 40. 77	23 6 49. 01	8 30 53. 59	55. 42			
		35. 86 [± 0.033]	oss. astr. (Cugia-Lupinacci)							
10					0 44 3. 16	10 8 7. 86	55. 30	— 0. 22	— 1. 53	Istante medio delle oss. astr.
	6 55 5. 00	36. 00		9 34 41. 00	2 21 17. 30	11 45 22. 13	55. 17			

Massaua — Cronometro Kullberg N° 4641

N. d'ordine	Data 1924 Gennaio	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barom. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Ampiit. media di oscillazione	Diminuzione della amplitudine	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate	S osservate $0^s.50 + 10^{-7} \times$	Riduzioni × 10 — 7 alla densità D = 9000	alla temperat. T = 20	alla amplitud. infinit.	a tempo sid.	a tempo med.	a supporto unico	S osservate $0^s.50 + 10^{-7} \times$	Osservatore
1	6	A 32 D	$2^h 30^m$	61.2	16.96	25.8	9071	26.22	— 0.14	16.8	6.6	— $0^s.66$	$36^m 33^s.88$	83415	— 4	— 270	— 7		— 39	— 21	83074	Cugia
2	»	C 33 D	3 15	61.2	16.73	25.6	9080	26.09	— 0.12	16.2	6.3	»	22.34	83864	6	264	7		»	»	83527	»
3	»	C 33 D	4 5	61.1	16.50	25.4	9086	25.95	— 0.15	16.5	6.5	»	23.27	83827	6	258	7		»	»	83496	»
4	»	A 32 D	4 45	61.1	16.27	25.2	9092	25.86	— 0.05	16.8	6.8	»	34.50	83391	6	254	7		»	»	83064	»
5	»	A 34 D	8 45	62.0	21.09	26.4	9045	25.54	+ 0.18	16.5	6.8	»	36 60.92	82383	— 2	— 240	— 7		— 39	— 21	82073	Lupinacci
6	»	C 35 D	9 30	62.0	20.89	26.7	9037	25.57	+ 0.15	16.5	7.2	»	11.28	84304	2	242	7		»	»	83993	»
7	»	C 35 D	10 15	62.1	20.68	27.1	9027	26.00	+ 0.45	16.7	6.9	»	11.79	84278	2	260	7		»	»	83949	»
8	»	A 34 D	11 0	62.1	20.48	27.4	9019	26.23	+ 0.20	16.4	7.5	»	59.32	82443	1	273	7		»	»	82102	»
9	»	A 34 D	14 30	59.5	18.25	28.2	8973	27.43	+ 0.10	15.6	6.9	— 1.68	36 56.89	82535	+ 2	— 322	— 6		— 99	— 21	82089	Cugia
10	»	C 35 D	15 15	59.4	17.98	28.1	8977	27.56	+ 0.07	15.3	6.8	»	7.73	84438	2	328	6		»	»	83986	»
11	»	C 35 D	16 0	59.4	17.70	27.9	8984	27.64	+ 0.05	16.7	7.1	»	9.66	84362	1	331	7		»	»	83905	»
12	»	A 34 D	16 45	59.3	17.43	27.8	8987	27.69	+ 0.02	15.2	8.2	»	57.03	82530	1	334	7		»	»	82070	»
13	»	A 32 D	19 5	61.0	19.55	26.4	9040	27.03	— 0.90	15.9	7.8	»	36 32.01	83488	— 3	— 305	— 7		— 99	— 21	83053	Lupinacci
14	»	C 33 D	22 20	60.9	19.05	26.2	9048	26.70	0.00	17.2	7.2	»	26.26	83750	4	290	7		»	»	83329	»
15	»	C 33 D	23 5	60.8	18.54	26.0	9055	26.63	— 0.10	16.4	6.8	»	25.24	83750	4	287	7		»	»	83332	»
16	»	A 32 D	23 55	60.7	18.04	25.8	9060	26.53	+ 0.07	16.6	7.8	»	33.78	83419	4	283	7		»	»	83005	»
17	7	A 34 D	2 15	60.8	18.66	25.4	9052	26.07	— 0.12	15.4	6.8	— 2.35	36 52.66	82696	— 3	— 263	— 6		— 138	— 21	82265	Lupinacci
18	»	C 35 D	3 5	60.7	17.83	25.2	9081	25.96	— 0.10	15.5	7.4	»	13.09	84227	5	259	6		»	»	83798	»
19	»	C 35 D	3 50	60.7	16.99	25.0	9091	25.84	— 0.27	15.5	7.8	»	13.62	84206	6	253	7		»	»	83781	»
20	»	A 34 D	4 40	60.6	16.16	24.8	9099	25.95	+ 0.33	15.6	6.2	»	52.73	82693	6	359	6		»	»	82263	»
21	»	A 32 D	8 30	61.4	17.08	25.6	9080	25.36	+ 0.09	16.8	6.0	— 1.26	36 31.80	83496	— 5	— 233	— 7		— 74	— 21	83156	Cugia
22	»	C 33 D	9 15	61.2	17.53	26.1	9060	25.49	+ 0.15	15.9	5.9	»	24.59	83778	4	238	7		»	»	83434	»
23	»	C 33 D	10 0	60.0	17.97	26.5	9044	25.72	+ 0.36	16.5	5.5	»	37.63	83657	5	248	7		»	»	83302	»
24	»	A 32 D	10 45	60.8	18.42	27.0	9025	25.97	+ 0.39	16.4	6.4	»	31.70	83500	2	259	7		»	»	83137	»
25	»	A 32 D	13 45	59.6	21.00	27.2	8993	27.11	0.00	15.8	7.2	— 2.46	36 32.76	83459	0	— 309	— 7		— 145	— 21	83048	Lupinacci
26	»	C 33 D	14 25	60.0	21.39	27.6	8984	27.34	+ 0.27	16.5	6.9	»	24.38	83784	0	318	7		»	»	83364	»
27	»	C 33 D	15 15	60.4	21.79	28.0	8975	27.62	+ 0.30	16.5	6.6	»	23.47	83819	+ 1	331	7		»	»	83316	»
28	»	A 32 D	26 5	60.8	22.18	28.4	8065	27.62	— 0.30	16.0	7.4	»	32.39	83473	2	331	7		»	»	82971	»
29	»	A 34 D	20 25	59.4	18.67	27.2	9000	27.47	— 0.07	15.4	7.4	»	36 55.72	82579	+ 0	— 324	— 6		— 145	— 21	82083	Cugia
30	»	C 35 D	21 15	59.6	18.44	27.0	8997	27.38	— 0.14	15.5	8.2	»	11.78	84278	0	320	6		»	»	83786	»
31	»	C 35 D	22 0	59.9	18.21	26.8	9020	27.25	— 0.27	16.1	8.4	»	12.29	84258	— 2	315	7		»	»	83770	»
32	»	A 34 D	22 45	60.1	17.98	26.5	9033	27.11	— 0.14	16.1	7.2	»	54.58	82663	2	309	7		»	»	82181	»

Massaua (segue)

N. d'ordine	Data 1924 Gennaio	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza barometr. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperatura	Amplit. media di oscillazione	Diminuzione della amplitudine	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate	S osservate $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Riduzioni × 10 — 7: alla densità D = 0.9000	Riduzioni × 10 — 7: alla temperat. T = 20°	Riduzioni × 10 — 7: alla amplit. infinit.	Riduzioni × 10 — 7: a tempo sid.	Riduzioni × 10 — 7: a tempo med.	Riduzioni × 10 — 7: a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s.50 + 10 - 7 \times$	Osservatore
33	8	A 32 D	1h 45m	60. 0	19. 17	26. 2	9035	26. 50	0. 00	16. 4	8. 8	— 2s.69	36m 33s.96	83412	— 2	— 282	— 7		— 158	— 21	82942	Lupinacci
34	»	C 33 D	2 35	59. 9	19. 08	26. 2	9035	26. 47	— 0. 05	16. 2	6. 8	»	36 21. 82	83884	3	280	7		»	»	83415	»
35	»	C 33 D	3 20	59. 7	19. 00	26. 2	9033	26. 42	— 0. 07	16. 2	6. 8	»	36 21. 44	83899	3	279	7		»	»	83431	»
36	»	A 32 D	4 5	59. 6	18. 91	26. 2	9033	26. 35	— 0. 15	15. 4	8. 8	»	36 32. 30	83476	2	275	6		»	»	83014	»
37	»	A 34 D	8 35	60. 8	18. 42	26. 4	9043	25. 78	+ 0. 04	16. 2	7. 2	— 2. 33	36 54. 59	82622	— 3	— 251	— 7		— 137	— 21	82203	Cugia
38	»	C 35 D	9 20	60. 6	19. 04	26. 7	9028	25. 94	+ 0. 36	16. 1	6. 9	»	36 12. 95	84234	2	258	7		»	»	83809	»
39	»	C 35 D	10 5	60. 3	19. 67	27. 1	9011	26. 19	+ 0. 39	16. 5	6. 8	»	36 11. 93	84272	1	269	7		»	»	83837	»
40	»	A 34 D	10 50	60. 1	20. 29	27. 4	8995	26. 46	+ 0. 33	16. 3	6. 3	»	36 53. 23	82674	0	280	7		»	»	82229	»
41	»	A 34 D	13 55	58. 6	22. 56	26. 6	8992	27. 80	+ 0. 30	16. 0	7. 4	— 2. 26	36 50. 86	82764	+ 1	— 338	— 7		— 133	— 21	82266	Lupinacci
42	»	C 35 D	14 45	58. 5	22. 17	27. 1	8977	27. 91	— 0. 27	16. 5	6. 8	»	36 8. 38	84413	1	343	7		»	»	83910	»
43	»	C 35 D	15 30	58. 3	21. 76	27. 7	8959	27. 97	+ 0. 60	15. 3	9. 2	»	36 5. 43	84335	2	346	6		»	»	83831	»
44	»	A 34 D	16 15	58. 2	21. 37	28. 2	8944	28. 12	0. 00	16. 2	6. 6	»	36 50. 43	82780	3	352	7		»	»	82270	»
45	»	A 32 D	21 35	60. 1	22. 56	26. 6	9010	27. 59	— 0. 03	16. 8	7. 1	— 2. 26	36 31. 27	83516	0	— 329	— 7		— 133	— 21	83076	Cugia
46	»	C 33 D	22 25	59. 9	21. 36	26. 8	9007	27. 56	— 0. 05	16. 1	7. 4	»	36 24. 75	83769	0	328	7		»	»	83280	»
47	»	C 33 D	23 10	59. 7	20. 26	27. 0	9003	27. 53	— 0. 05	16. 9	7. 8	»	36 24. 83	83766	0	327	7		»	»	83278	»
48	»	A 32 D	23 50	59. 5	19. 06	27. 2	9000	27. 48	— 0. 06	17. 0	6. 5	»	36 34. 78	83496	0	325	8		»	»	83009	»
49	9	A 34 D	2 25	59. 6	19. 67	26. 2	9029	27. 20	— 0. 18	15. 7	7. 5	— 1. 35	36 53. 07	82680	— 2	— 312	— 6		— 79	— 21	82269	Cugia
50	»	C 35 D	3 15	59. 7	19. 50	26. 3	9027	27. 10	— 0. 12	16. 5	7. 2	»	36 4. 59	84563	2	308	7		»	»	84146	»
51	»	C 35 D	3 55	59. 9	19. 37	26. 3	9031	27. 00	— 0. 14	16. 8	6. 6	»	36 8. 20	84420	2	304	7		»	»	84007	»
52	»	A 34 D	4 45	60. 0	19. 14	26. 4	9031	26. 90	— 0. 15	16. 1	5. 0	»	36 52. 65	82696	2	299	7		»	»	82288	»
53	»	A 32 D	9 45	61. 4	20. 56	26. 0	9052	26. 61	+ 0. 42	15. 7	6. 5	+ 0. 49	36 33. 12	83441	— 3	— 287	— 6		+ 29	— 21	83153	Lupinacci
54	»	C 33 D	10 30	61. 0	20. 77	26. 9	9021	26. 87	+ 0. 36	15. 0	6. 0	»	36 21. 31	83904	1	298	6		»	»	83607	»
55	»	C 33 D	11 15	60. 8	20. 96	27. 9	8975	27. 10	+ 0. 31	16. 8	6. 3	»	36 21. 28	83907	+ 1	308	7		»	»	83601	»
56	»	A 32 D	12 0	60. 5	21. 20	28. 8	8943	27. 31	+ 0. 60	16. 3	6. 9	»	36 32. 00	83488	3	317	7		»	»	83175	»
57	»	A 32 D	14 25	59. 3	25. 47	28. 3	8936	28. 20	+ 0. 15	16. 5	6. 6	— 1. 53	36 31. 20	83519	+ 3	— 356	— 7		— 39	— 21	83099	Cugia
58	»	C 33 D	15 10	59. 3	23. 51	28. 4	8942	28. 25	+ 0. 03	16. 1	7. 2	»	36 23. 28	83827	3	359	7		»	»	83404	»
59	»	C 33 D	15 55	59. 2	21. 59	28. 6	8953	28. 35	+ 0. 06	16. 4	6. 7	»	36 23. 98	83828	3	362	7		»	»	83402	»
60	»	A 32 D	16 40	59. 2	19. 67	28. 7	8937	28. 48	— 0. 06	16. 5	6. 6	»	36 31. 26	83517	3	368	7		»	»	83085	»
61	»	A 34 D	21 25	59. 9	22. 59	27. 2	8997	27. 32	— 0. 27	15. 6	6. 7	— 1. 53	36 54. 44	82628	0	— 318	— 6		— 90	— 21	82203	Lupinacci
62	»	C 35 D	22 10	59. 8	22. 67	27. 1	8990	27. 11	— 0. 12	16. 5	6. 9	»	36 18. 18	84342	0	309	7		»	»	83925	»
63	»	C 35 D	23 0	59. 8	22. 76	26. 9	8996	27. 02	— 0. 14	16. 5	6. 9	»	36 12. 09	84266	0	305	7		»	»	83853	»
64	»	A 34 D	23 50	59. 8	22. 84	26. 8	8999	26. 95	— 0. 05	15. 9	7. 1	»	36 55. 64	82582	0	302	7		»	»	82172	»

Riassunto dei valori delle S ridotte alle condizioni

$D_0 = 0.9000$ $T_0 = 20°$ $F_0 = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 35
0s.5083069	0s.5085512	0s.5082086	0s.5083971
3029	331	080	3981
3147	368	264	3790
3010	340	132	3778
2978	423	216	3823
* 3018	* 279	* 268	* 3871
* 3164	* 604	* 278	* 4077
3092	403	187	3889
$S_{32} = 0^s.5083054$ [± 24.9]	$S_{33} = 0^s.5083399$ [± 27.4]	$S_{34} = 0^s.5082161$ [± 30.2]	$S_{45} = 0^s.5083870$ [± 38.3]

$S_m = 0^s.5083121$ (± 17.4)

errore medio di un pendolo ± $30^s.0 \times 10^{-7}$.

ADEN — (Aprile 1924).

$$\begin{cases} \varphi = 12^\circ\,47'\ 4''\ \text{N.} \\ \lambda = 44\ 58\ 44\ \text{E. G.} \\ \text{H} = \text{m. } 29.30 \end{cases}$$

Trovandosi il *Magnaghi* a Aden ai primi del Dicembre 1923, tentammo di eseguirvi una stazione gravimetrica. Però, eseguito l' impianto degli strumenti nel locale messo a nostra disposizione dalla Residenza, e compiuta la determinazione iniziale di flessione del supporto, le condizioni atmosferiche si manifestarono decisamente avverse: per quattro sere tentammo invano di compiere l' osservazione astronomica di apertura. E la sera del 7, poichè il *Magnaghi,* dovendo riprendere i lavori idrografici, non poteva più oltre prolungare la sua permanenza in Aden, fu deciso di rimandare a migliore occasione l' esecuzione della Stazione.

Fummo più fortunati alla fine di Aprile.

Giunti il 25 a Aden, alla sera stessa, determinata la fiessione del supporto, eseguivamo l' osservazione astronomica di apertura e quindi iniziavamo le osservazioni delle coincidenze.

L' apparato gravimetrico fu sistemato in un locale adibito a deposito di archivio del Port Office. Trovasi questo locale in prossimità dell' asta di bandiera che sul piano inglese n. 7 è segnata 120 yards a levante dell' albero da segnali (quota 188 ft.) sorgente in prossimità dell' imboccatura del porto.

Il pavimento era ricavato nella viva roccia, ma ricoperto da uno strato di cemento. La natura del suolo è vulcanica.

Le coordinate geografiche furono ricavate dal piano citato. La livellazione fu eseguita dal Sotto Tenente di Vascello Giannattasio.

Lo strumento dei transiti fu sistemato nel punto più vicino alla stazione gravimetrica, dal quale si potessero osservare le stelle circumpolari. La sistemazione non fu molto felice per la natura del terreno ma le buone osservazioni astronomiche eseguite tutte le sere permetterono di stabilire dei valori sicuri delle correzioni assolute del cronometro.

Il cronometro delle coincidenze Kullberg n. 5396 ebbe andamento un po' capriccioso, ma la sua marcia non è stata forte, per cui è stato assunto un valore medio della marcia per ciascuna giornata di osservazioni.

Anche le osservazioni delle coincidenze procedettero benissimo, nè si ebbero a riscontrare forti differenze nei singoli valori della durata d' oscillazione dei vari pendoli. Si potè quindi chiudere la stazione dopo due sole giornate di osservazioni.

La flessione del supporto risultò di $65^s \times 10^{-7} \pm 2.0$.

Aden — Aprile 1924 — **Confronti dei cronometri**

Cronometro delle osservazioni astronomiche Frodsham N° 3467 (a tempo sidereo)

Cronometro delle coincidenze Kullberg N° 5396 (a tempo medio)

Data civile	Cronometro delle osservazioni astronomiche			t_s	t_m civile	Cronometro delle coincidenze				Annotazioni
	t_c	K $+ 2^h 34^m$	Annotazioni			t_c	K $\pm 3^h 6^m$	Δ K	k_m	
25	$8^h 32^m 18.00$	$20^s.48$		$11^h 6^m 38^s.48$	$20^h 52^m 17^s.60$	$5^h 45^m 24^s.40$	$53^s.20$			
		20.51 [± 0.023]	oss. astr. (Cugia - Lupinacci)	12 27 26.62						
					22 21 33.00		53.47			Istante medio dei confronti
	11 31 18.00	20.53		14 5 38.53	23 50 48.33	8 43 54.60	53.73			
26	20 14 1.00	20.67		22 48 21.67	8 32 5.82	5 25 12.08	53.74	+ $0^s.23$	+ $0^s.23$	
	0 6 1.00	20.73		2 40 21.73	12 23 27.88	9 16 34.10	53.78			
	8 33 18.00	20.87		11 7 38.87	20 49 21.82	5 42 28.35	53.47			
		20.89 [± 0.025]	Osserv. astron. (Cugia)	12 27 26.62						
					22 25 6.12		53.70			Istante medio dei confronti
27	11 45 18.00	20.82		14 19 38.82	0 0 00.42	8 53 56.50	53.92			
	18 7 18.00	20.57		20 41 38.57	6 21 47.59	3 14 53.20	54.39			
	2 25 18.00	20.25		4 59 38.25	14 38 25.68	11 31 32.10	53.58	— 0.43	— 0.43	
	8 10 10.00	20.03		10 44 30.03	20 22 20.97	5 15 27.78	53.19			
		19.95 [+ 0.046]	osserv. astr. (Lupinacci)	12 45 26.49						
					22 14 36.46		53.27			Istante medio dei confronti
28	11 55 18.00	19.89		14 29 37.89	0 6 51.94	8 9 58.60	53.34			

Aden — Cronometro Kullberg N° 5396

N. d'ordine	Data 1924 Aprile	Pendolo	Istante medio in tempo civile	Altezza baromet. ridotta mm. 700 +	Tensione del vapore mm.	Temperatura dell'aria	Densità dell'aria × 10^4	Temperatura del pendolo	Variaz. oraria della temperat.	Ampliz. media di oscillazione	Diminuzione della amplitud.	Andam.to diurno dell'orologio delle coincidenze	Coincidenze osservate	S osservate $0^s.50 + 10 - 7\times$	Riduzioni × 10 — 7: alla densità D = 0.9000	alla temperat. T = 20°	alla ampliz. infinit.	a tempo sid.	a tempo medio	a supporto unico F = 30	S ridotte $0^s.50 + 10 - 7\times$	Osservatore
1	26	A 32 D	$0^h 27^m$	54. 1	29. 26	30. 6	8789	30. 74	— 0. 03	16. 2	7. 2	+ 0. 23	$36^m 24^s.75$	83770	+ 14	— 466	— 7		+ 14	— 35	83290	Cugia
2	»	C 33 D	1 14	54. 3	28. 68	30. 7	8792	71	— 0. 06	16. 5	6. 6	»	12. 38	84255	15	465	7		»	»	83777	»
3	»	C 33 D	1 59	54. 4	28. 15	30. 7	8795	68	— 0. 02	16. 8	6. 0	»	13. 41	84214	15	463	7		»	»	83738	»
4	»	A 32 D	2 45	54. 6	27. 62	30. 8	8798	67	— 0. 03	16. 5	7. 5	»	23. 31	83865	13	463	7		»	»	83377	»
5	»	A 34 D	6 13	54. 8	28. 92	30. 4	8806	38	— 0. 05	15. 6	8. 1	»	48. 80	82843	+ 13	— 450	— 6		+ 14	— 35	82379	Lupinacci
6	»	C 35 D	7 0	54. 8	29. 34	30. 7	8795	38	+ 0. 03	15. 6	8. 1	»	3. 17	84620	13	450	6		»	»	84156	»
7	»	C 35 D	7 45	54. 7	29. 76	31. 0	8784	44	+ 0. 15	15. 6	8. 1	»	5. 00	84547	14	453	6		»	»	84081	»
8	»	A 34 D	8 33	54. 7	30. 18	31. 4	8782	50	+ 0. 03	15. 3	7. 8	»	48. 22	82864	14	456	6		»	»	82395	»
9	»	A 34 D	12 36	54. 8	25. 58	29. 2	8855	84	+ 0. 14	15. 0	7. 2	»	46. 00	82949	+ 9	— 470	— 6		+ 14	— 35	92433	Cugia
10	»	C 35 D	13 22	54. 4	23. 13	29. 4	8857	92	+ 0. 10	15. 6	7. 5	»	3. 63	84601	9	474	6		»	»	84081	»
11	»	C 35 D	14 6	53. 9	20. 68	29. 6	8855	95	— 0. 01	15. 6	7. 2	»	4. 34	84573	9	475	6		»	»	84052	»
12	»	A 34 D	14 52	53. 4	18. 22	29. 8	8854	97	+ 0. 05	15. 6	6. 0	»	46. 33	82937	9	476	6		»	»	82415	»
13	»	A 32 D	18 13	52. 7	30. 90	31. 8	8932	99	0. 00	15. 8	6. 6	»	25. 06	83758	+ 17	— 477	— 7		+ 14	— 35	83279	Lupinacci
14	»	C 33 D	18 58	53. 0	31. 04	31. 6	8741	99	0. 00	13. 3	6. 0	»	14. 05	84189	19	477	6		»	»	83704	»
15	»	C 33 D	21 19	53. 3	31. 18	31. 4	8749	96	0. 00	15. 6	6. 0	»	13. 61	84206	18	476	6		»	»	89721	»
16	»	A 32 D	22 7	53. 6	31. 31	31. 2	8758	95	— 0. 02	16. 8	6. 6	»	25. 33	83747	16	475	7		»	»	83260	»
17	27	A 34 D	0 11	53. 5	31. 31	31. 2	8757	99	+ 0. 03	16. 8	6. 9	+ 0. 43	44. 17	82996	+ 16	— 477	— 7		— 25	— 35	82468	Lupinacci
18	»	C 35 D	0 58	53. 3	30. 65	31. 3	8754	99	— 0. 03	15. 9	7. 2	»	1. 40	84690	16	477	7		»	»	84162	»
19	»	C 35 D	1 42	53. 0	30. 00	31. 4	8751	98	0. 00	16. 5	6. 6	»	2. 31	84654	16	476	7		»	»	84127	»
20	»	A 34 D	2 27	52. 8	29. 35	31. 5	8748	98	+ 0. 01	16. 8	6. 3	»	44. 80	82995	16	476	7		»	»	82468	»
21	»	A 32 D	6 22	54. 6	26. 48	30. 6	8808	78	— 0. 22	16. 8	6. 9	»	24. 66	83773	+ 12	— 468	— 7		— 25	— 35	83250	Cugia
22	»	C 33 D	7 7	55. 2	25. 43	30. 9	8811	70	— 0. 05	16. 2	5. 7	»	11. 00	84309	14	464	7		»	»	83790	»
23	»	C 33 D	7 51	55. 8	24. 38	31. 2	8815	70	+ 0. 06	16. 2	6. 0	»	11. 88	84274	14	464	7		»	»	83755	»
24	»	A 32 D	8 36	56. 4	23. 33	31. 4	8821	74	+ 0. 07	16. 8	6. 9	»	23. 29	83811	12	466	7		»	»	83290	»
25	»	A 32 D	12 15	54. 8	27. 23	31. 6	8778	31. 00	0. 00	16. 2	7. 2	»	25. 53	83739	+ 15	— 477	— 7		— 25	— 35	83210	Lupinacci
26	»	C 33 D	13 1	54. 2	25. 06	31. 8	8775	02	+ 0. 04	15. 9	7. 8	»	16. 12	84107	16	478	7		»	»	83578	»
27	»	C 33 D	13 44	53. 7	22. 89	32. 0	8773	06	+ 0. 03	16. 8	6. 9	»	14. 92	84155	17	480	7		»	»	83625	»
28	»	A 32 D	14 30	53. 1	20. 72	32. 2	8771	11	+ 0. 09	16. 8	6. 9	»	24. 70	83771	15	482	7		»	»	83237	»
29	»	A 34 D	18 40	53. 6	23. 46	31. 2	8792	30. 96	— 0. 03	16. 5	6. 5	»	45. 17	82980	+ 14	— 476	— 7		— 25	— 35	82451	Cugia
30	»	C 35 D	19 24	53. 8	24. 28	31. 1	8794	95	0. 00	15. 6	6. 6	»	2. 29	84654	13	475	7		»	»	84125	»
31	»	C 35 D	21 36	53. 9	25. 10	30. 9	8797	95	0. 00	16. 5	6. 6	»	1. 83	84673	13	475	7		»	»	84144	»
32	»	A 34 D	22 27	54. 1	25. 91	30. 8	8799	94	— 0. 03	16. 5	6. 3	»	44. 89	82992	13	574	7		»	»	82464	»

Riassunto dei valori delle S ridotte alle condizioni

$D_0 = 0.9000$ $T_0 = 20°$ $F_0 = 30^s \times 10^{-7}$

P 32	P 33	P 34	P 35
0s.5083334	0s.5083757	0s.5082387	0s.5084119
269	713	424	067
270	773	468	145
224	602	458	135
$S_{32} = 0^s.5083277$ [± 22.5]	$S_{33} = 0^s.5083711$ [± 38.8]	$S_{34} = 0^s.5082434$ [± 18.5]	$S_{35} = 0^s.5084117$ [± 17.8]

$S_m = 0.5083385$ (± 14.8)

errore medio di un pendolo ± 25s.7 × 10−7.

RIASSUNTO E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nello specchio seguente sono riuniti i valori medi delle durate di oscillazione dei quattro pendoli e del pendolo medio, quali sono state ricavate nelle stazioni base e nelle stazioni di campagna, ridotte alle condizioni tipo di densità dell' aria, temperatura del pendolo a flessione del supporto.

Stazioni	P 32	P 33	P 34	P 35	P_m
Genova I^a	0. 5077538	7967	6602	8443	0^s,5077638 ± 12. 7
Genova II^a	0. 5077525	7932	6784	8522	0 ,5077691 ± 4. 9
Suez	0. 5080708	1052	9818	1573	0 ,5080788 ± 14. 4
Assab	0. 5083343	3632	2563	4181	0 ,5083430 ± 19. 5
Asmara	0. 5084574	4937	3789	5537	0 ,5084709 ± 11. 8
Massaua	0. 5083054	3399	2161	3870	0 ,5083121 ± 17. 4
Aden	0. 5083277	3711	2434	4117	0 ,5093385 ± 15. 1

Dai valori determinati a Genova, prima e dopo la campagna, risulta subito come i pendoli non abbiano conservato lo stato invariabile che sarebbe stato da desiderarsi. Questo difetto di invariabilità era stato notato anche dal Prof. Silva che si era servito dei pendoli in questione pochi mesi prima della nostra partenza.

Riporto per ciascuna determinazione le differenze tra le durate di oscillazione combinate due a due e l'errore medio di ciascuna di queste differenze, (Alessio « Ann. Idr.,» vol. 8°), calcolato nell'ipotesi che tali differenze debbano tra loro essere uguali, a meno degli errori accidentali d'osservazione e di invariabilità dei pendoli.

Stazione	$(S_{53} - S_{55}) \times 10^7$	$(S_{53} - S_{54}) \times 10^7$	$(S_{53} - S_{56}) \times 10^7$	$(S_{55} - S_{54}) \times 10^7$	$(S_{55} - S_{56}) \times 10^7$	$(S_{54} - S_{56}) \times 10^7$
Genova I^a	— 429	+ 936	— 905	+ 1365	— 476	— 1841
Genova II^a	407	741	997	1148	590	1738
Suez	344	890	865	1234	521	1755
Assab	289	780	838	1069	549	1618
Asmara	363	785	963	1148	600	1748
Massaua	345	893	716	1238	471	1709
Aden	434	843	840	1277	406	1683
media	— 373	+ 838	— 875	+ 1211	— 516	— 1727
ε_I	± 29.9	± 26.7	± 35.0	± 36.9	± 26.4	± 26.0

Dall'esame di questa tabella si rileva come tutti i quattro pendoli abbiano avuto dei difetti di invariabilità, che si sono manifestati nel tempo in maniera irregolare.

Il valore medio dell'errore medio della differenza tra le durate di oscillazione di due pendoli qualunque è

$$\varepsilon'_I = \pm 28^s.5 \times 10^{-7}$$

Per ciascuna stazione l'errore medio di osservazione e di invariabilità della durata di oscillazione di un pendolo risulta

$$\frac{\varepsilon'_I}{\sqrt{2}} = + 20^s.1 \times 10^{-7}$$

La durata di oscillazione del pendolo medio è affetta da tale errore nella misura (in unità della 7^a decimale)

$$\varepsilon_I = \frac{\pm 20.3}{\sqrt{4}} \pm 10^s,1$$

Anche i valori delle S_m ricavati per le due stazioni di Genova sono affetti da questo errore, al quale probabilmente è dovuta la differenza tra il valore di partenza e quello di chiusura. Non è da escludere però che una causa di errore possa essere l'imperfetta conoscenza delle costanti di temperatura e di densità dell'aria. Le temperature medie dei pendoli, nelle due determinazioni, differiscono di circa 4°, ed anche le densità dell'aria presentano una leggera differenza.

L'esame della variazione delle differenze tra le durate di oscillazione dei vari pendoli nelle diverse stazioni conforterebbe l'ipotesi di una erronea conoscenza delle costanti pendolari. Ad esempio, se si prendono in considerazione le determinazioni di Genova II^a e di Asmara durante le quali i pendoli

mantennero la stessa temperatura media (circa 17°), si nota come le differenze analoghe delle durate di oscillazione (eccezione fatta per le differenze relative al P 32) non presentino notevoli divergenze.

Si prospetta quindi l'opportunità di una verifica dei valori delle costanti di temperatura e di densità dell'aria per i quattro pendoli adoperati, onde poter accertare una miglior attendibilità delle determinazioni gravimetriche eseguite durante la campagna in Mar Rosso.

Non ritengo opportuno procedere ad uno esame selettivo, secondo i dettami della teoria degli errori, delle differenze dei valori delle durate di oscillazione: tali differenze infatti sono affette agli errori di osservazione che, talora soverchianti sull'effetto dell'errore delle costanti pendolari, potrebbero condurre a conclusioni inesatte.

Ferme restando tali considerazioni, assumerò come valore della durata di oscillazione del pendolo medio nella stazione di riferimento la media dei due valori determinati prima e dopo la campagna. Come è detto più sopra, a ciascuno di questi valori, come a tutti i valori S_m delle determinazioni di campagna, compete, per difetto dell'invariabilità dei pendoli e per errori accidentali d'osservazione, l'errore medio

$$\varepsilon_I = \pm 10^6.1 \times 10^{-7}$$

Ogni valore S_m è inoltre affetto dagli errori ε_c dovuti all'errore medio ε_k dell'andamento diurno dell'orologio delle coincidenze e dall'errore medio ε_m commesso nella riduzione a supporto unico. L'errore medio complessivo della durata di oscillazione S_m per ogni stazione è espresso da

$$\varepsilon_S = \pm \sqrt{\varepsilon_I^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_\sigma^2}$$

In questa espressione sono già implicitamente considerati gli errori nella conoscenza delle costanti pendolari (compresi nell'errore di invariabilità dei pendoli) e gli errori accidentali commessi nella determinazione della temperatura dei pendoli e della densità dell'aria (compresi negli errori di osservazione).

Come valore di ε_k è stato per ciascuna stazione, assunto il massimo errore medio commesso tra due successive determinazioni di tempo, il conseguente valore di ε_c è stato calcolato mediante la relazione

$$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_k}{\sqrt{8} \cdot 86400}$$

Nella tabella seguente sono riuniti i valori S_m determinati nelle singole stazioni ed i relativi errori medi, insieme con gli elementi che in base alle suesposte direttive, servirono per il calcolo.

Stazioni	ε_k	$\varepsilon_c \times 10^7$	$\varepsilon_\sigma \times 10^7$	S_m	$\varepsilon_s \times 10^7$
Genova I^a	$\pm$ 0^s.03	$\pm$ 2	$\pm$ 1. 5	0^s,5077638	$\pm$ 10. 4
Genova II^a	0 .05	3	0. 3	0 ,5077691	10. 5
Suez	0 .10	6	1. 5	0 ,5080788	11. 8
Assab	0 .05	3	1. 5	0 ,5083430	10. 7
Asmara	0 .06	3	0. 1	0 ,5084709	10. 6
Massaua	0 .04	2	1. 0	0 ,5083121	10. 3
Aden	0 .04	2	2. 0	0 ,5083385	10. 5

Da questo specchio si rileva come la maggior parte dell' errore delle singole determinazioni è dovuto al difetto d' invariabilità dei pendoli,

Come già si disse, come valore della durata di oscillazione nelle Stazioni di riferimento sarà assunto il valore medio tra i valori di partenza e di chiusura. Tale valore ed il suo errore medio sono

$$S_m = 0^s.5077665 \pm 12.4.$$

VALORE DELL'ACCELERAZIONE DELLA GRAVITA'

(Confronto con precedenti determinazioni).

Detti g_b g_c i valori dell'accelerazione di gravità, S_b, S_c i valori delle durate di oscillazione dello stesso pendolo, rispettivamente nella stazione base e nella stazione di campagna, si ha

$$S_b = \pi \sqrt{\frac{l}{g_b}} \qquad S_c = \pi \sqrt{\frac{l}{g_c}}$$

ove l indica la lunghezza del pendolo; dalle relazioni scritte si ha

$$\frac{S_b}{S_c} = \frac{\sqrt{g_c}}{\sqrt{g_b}},$$

$$\text{dalla quale } g_c = g_b \frac{S_b^2}{S_c^2}$$

che, sviluppata secondo la serie di Taylor, dà:

$$g_c - g_b = 2\, g_b \frac{S_b - S_c}{S_b} + 3\, g_b \frac{(S_b - S_c)^2}{S_b^2}$$

fermando lo sviluppo ai termini di secondo ordine in $(S_b - S_c)$.
Posto per brevità $A = S_b - S_c$, si ha $g_c - g_b = 2\, g_b\, A\, 3 g_b\, A^2$.

Se $\varepsilon, \varepsilon'$ sono rispettivamente gli errori medi delle durate di oscillazione S_b, S_c, l'errore medio della differenza A, sarà dato da $\varepsilon_s = \sqrt{\varepsilon^2 + \varepsilon'^2}$ ove si ammetta, come già nel capitolo precedente, che l'effetto degli errori nella misura della temperatura dei pendoli e della densità dell'aria sia conglobato nel complessivo errore delle S.

L'errore medio della differenza $g_c - g_b$ è dedotto mediante la relazione

$$\varepsilon\,(g_c - g_b) = \frac{2\, g_b}{S_b^2}\, \varepsilon_s$$

L'errore medio εg_c della gravità assoluta desunta per la stazione di campagna è espresso da $\varepsilon_{g_c} = \sqrt{\varepsilon^2 (g_b - g_b) + \varepsilon^2 g_b}$ ove ε_{g_b} rappresenta l'errore medio della gravità assoluta della stazione di riferimento. L'errore ε_{g_b} affetta sistematicamente tutti i valori dedotti per la gravità nelle stazioni di campagna. Nello specchio seguente sono raccolti i valori di g_c, $\varepsilon (g_c - g_b)$, e gli elementi necessari per il loro calcolo, per tutte le stazioni di campagna. Si intende che tutti i valori di g_c devono ritenersi affetti non dal solo errore $\varepsilon (g_c - g_b$, ma anche dall'errore sistematico dovuto all'errore della gravità assoluta nella stazione di riferimento.

Valori della gravità assoluta

Stazione di riferimento: Genova (Istituto Idrografico)

g_b = cm.sec. $^{-2}$ 980,558 ± 1 (Sistema di Potsdam)

Stazioni	S	$S_b - S_c$ × 10 7	2 A × 10 7	3 A^2 × 10 7	2A + 3A^2 × 10 7	$g_b - g_c$ cm. sec. $^{-2}$	ε_g × 10 7	$\varepsilon [g_c - g^b]$ cm.sec. $^{-2} \times 10^{-3}$	g_c cm. sec. $^{-2}$
Genova [media]	o^s.5077665						± 12. 4		
Suez	o. 5080758	— 3123	— 12321	+ 11	— 12290	— 1. 205	± 17. 1	± 5. 6	979. 353
Assab	o. 5083430	— 5765	— 22707	+ 39	— 22669	— 2. 223	16. 4	5. 4	978. 335
Asmara	o. 5084709	— 7044	— 27745	+ 58	— 27687	— 2. 715	16. 3	5. 3	977. 843
Massaua	o. 5083121	— 5456	— 21490	+ 35	— 21456	— 2. 104	16. 1	5. 3	978. 454
Aden	o. 5083385	— 5720	— 22530	+ 38	— 22492	— 2. 205	16. 3	5. 3	978. 353

Gli errori medi delle singole determinazioni risultano piuttosto rilevanti: ma, come già è esposto, è da ritenere che una migliore conoscenza delle costanti termiche e di densità dell'aria, relative ai vari pendoli, migliorerà l'attendibilità delle osservazioni.

Nelle località costiere prescelte aveva compiuto misure di gravità relativa, con riferimento alla stazione base Pola, il Tenente di Vascello Triulzi, della marina A. U., nelle campagne del *Pola* svoltesi negli anni 1895-96 e 1897-98.

Nella tabella seguente sono riportati, insieme con i valori dell'accelerazione della gravità ottenuti nelle varie stazioni nelle due epoche, anche l'errore medio ε_{g_c} dell'accelerazione stessa ed il valore dell'anomalia della gravità nel punto di stazione, e cioè la differenza tra la gravità osservata nella stazione e la gravità teorica in aria libera nel punto stesso. I valori relativi alle misure del Triulzi sono stati ricavati dalla pubblicazione del Borras, *Bericht über die relativen messungen der schwercraft* .... (*Comptes rendus de la XVI^{me} conference génèrale de l' Association géodesique internationale (1903) - vol. III^{me}*).

La gravità teorica è stata ricavata con la formula

$$\gamma = \gamma_0 - 3086\, H \times 10^{-7},$$

nella quale γ_0 è la gravità teorica al livello mare, calcolata mediante la formula di Helmert (1915).

$$\gamma_0 = \text{cm. sec}^{-2}\ 978.052\ (1 + 0.005285\ \text{sen}^2\ \varphi - 0.000007\ \text{sen}^2\ 2\ \varphi)$$

Anomalie della gravità

Stazione di riferimento: Genova (Istituto Idrografico)

$g_b = 980{,}558 \pm 1$ (Sistema di Potsdam)

Stazione	Epoca	Latitudine N.	Longitudine E. G.	Altezza metri	Gravità osservata cm. sec.$^{-2}$	Gravità teorica in aria libera cm. sec.$^{-2}$	Anomalia della gravità cm.sec.$^{-2}\times 10^{-3}$	$\varepsilon_{g_{oc}}$ cm.sec.$^{-2}\times 10^{-3}$
Suez	1895.80 1897.71	29° 56′ 0″	32° 33′ 26″	3	979.306	979.338	— 16	± 3.0
	1923.79	29 51 53	32 33 12	0.8	979.353	979.344	+ 9	5.7
Assab	1897.91	13 0 2	42 44 56	10	978.294	978.301	— 7	3.7
	1923.95	13 0 31	42 44 50	7.5	978.335	978.310	+ 25	5.5
Asmara	1923.99	15 20 10	38 55 50	2335	977.843	977.690	+ 153	5.4
Massaua	1897.85	15 36 35	39 28 50	5	978.404	978.420	— 16	2.1
	1924.02	15 37 16	39 28 45	6.5	978.454	976.422	+ 32	5.4
Aden	1897.94	12 47 15	44 59 20	5	978.327	978.303	+ 24	2.6
	1924.31	12 47 4	44 58 44	29.3	978.353	978.294	+ 59	5.4

I valori delle anomalie determinati nelle due epoche sono sensibilmente differenti. Le differenze però presentano carattere sistematico, aggirandosi esse sul valore di $30 \div 40$ cm. sec$^{-2} \times 10^{-3}$.

Nella sua relazione il Triulzi indica l'apparato di cui si è servito, che è minutamente descritto nelle *Relative schwerebestimmungen durch pendolbeobachtungen ausgeführt durch die k. u. k Kriegs-Marine in dén Jahren 1892-94.* Tale apparato, distinto col n. 11, pervenne alla fine della guerra europea al nostro Istituto Idrografico e fu poi da questo ceduto al gabinetto di geodesia della R. Università di Genova.

È un apparato monopendolare, che il Triulzi fissava con cemento sovra un pilastrino in pietra, portatile, costituito da quattro pezzi sagomati che si ingessavano tra di loro e col suolo; l'apparato era munito di un dinamometro a molla, col quale si poteva verificare la rigidità del sostegno: però non era possibile procedere alla determinazione dell'influenza della flessione del supporto sulla durata di oscillazione dei pendoli. Infatti nella riduzione delle osservazioni pendolari il Triulzi non applica, tale correzione che, come si è visto, può assumere valori sensibilmente differenti da stazione a stazione, nè mai applica la correzione per il difetto di rigidità del sostegno, alla quale tuttavia accenna nell'introduzione alla sua relazione, dandone pure l'espressione.

È da ritenere quindi che le discrepanze rilevate, nei valori delle gravità nelle varie stazioni, parzialmente derivanti dagli inevitabili errori di osservazione di ambedue gli osservatori, siano in massima parte dovute alla diversità dei metodi di osservazione.

I valori della gravità assoluta ricavati per ciascuna stazione dovranno essere corretti per la riduzione topografica e per la compensazione isostatica. Tali correzioni, poco sensibili per le stazioni di Suez, Assab, Massaua, poco elevate e prossime alla spiaggia del mare, presenteranno un certo interesse per la stazione di Asmara, fortemente elevata sul livello del mare, e per quella di Aden, eseguita in località accidentata.

Non è stato possibile ricavare il valore della deviazione della verticale poichè le varie località non sono collegate geodeticamente tra di loro.

In prossimità delle stazioni gravimetriche ho anche determinato gli elementi del magnetismo terrestre. La distribuzione del magnetismo è apparsa generalmente uniforme. È da notare però come l'irregolare valore di g osservato ad Aden, superiore a quello di Assab (come già fu riscontrato in ugual misura dal Triulzi), trova riscontro in una anomalia simile dall'inclinazione magnetica: Aden 8° 13′ N, Assab 7° 51′ N (nella campagna del *Pola* in ambedue le stazioni era stato misurato il valore di $I = 6° 6',5$).

Tale anomalia può trovare spiegazione nella distribuzione topografica delle masse terrestri nelle due località, che pure sono di formazione geologica molto simile.

b a SUEZ

a b ASSAB

Le lettere *a*, *b* indicano rispettivamente le posizioni della stazione gravimetrica e del casotto astronomico.

ASMARA

MASSAUA

ADEN

Le lettere *a*, *b* indicano rispettivamente le posizioni della stazione gravimetrica e del casotto astronomico.

MAR ROSSO
CAMPAGNA IDROGRAFICA
R.N. A. MAGNAGHI 1923-24
Determinazioni di gravità relativa
• Stazioni gravimetriche
Suez
979·353
Akabah
Zafarana
Nawibi
Ras Abu Zenima
Bir al Mashiya
Dahab
Ras Gharib
Tor
Mujawan
I. Ashrafi
Senafir
Sherm Sheikh
Hurgada
I. Shadwan
I. Noman
Ras Abu Somer
Koseir
I. The Brothers
Sherm Habban
Mersa Dhiba
Dædalus
I. Hassani
Sherm Sheikh
Yenbo
Berenice
I. St. Johns
Sherm Rabegh
Mersa Halaib
Jidda
Mohammed Ghul
Lith
Port Sudan
Kunfida
Suakin
Akih Seghir
Sarso
Ras Turfa
I. Farisan
I. Harmil
Massaua
978·54
Dahalak
Asmara
977·843
Adjux
Kamaran
I. Zebayir
Hodeida
Khor Ghuleifaka
Daramsas
I. Jebel Zukur
Abayil
Rakhmat
Mokha
Beilul
Assab
978·135
978·260
Aden
Perim
32°
33°
34°
35°
36°
37°
38°
39°
40°
41°
42°
43°
44°
45°
30°
29°
28°
27°
26°
25°
24°
23°
22°
21°
20°
19°
18°
17°
16°
15°
14°
13°
12°

DETERMINAZIONI DI MAGNETISMO TERRESTRE

ESEGUITE DALLA R. N. " AMMIRAGLIO MAGNAGHI „ (1923-1924)

RELAZIONE DEL CAPITANO DI CORVETTA **MARIO CUGIA**

Determinazioni di magnetismo terrestre

eseguite durante la campagna 1923-24

della Regia Nave " Ammiraglio Magnaghi „

GENERALITA'

Nel corso della campagna della *Magnaghi* in Mar Rosso furono eseguite determinazioni di magnetismo terrestre nelle varie località nelle quali il soggiorno della Nave fu tale da permetterlo, o dove lo scrivente fu espressamente inviato per compiere tali misure.

Sotto la guida dello scrivente presero successivamente parte alle misure gli ufficiali della Nave: tra questi il Sottotenente di Vascello della Marina Finlandese Sig. Ragnar Göransson prestò valido e costante aiuto per l'esecuzione sia delle misure che dei calcoli relativi.

Le osservazioni furono fatte secondo le direttive consigliate dal Prof. Palazzo, che si compiacque essere di guida allo scrivente nell'esecuzione a Genova dalla stazione di partenza.

Al ritorno dalla campagna furono eseguite misure di chiusura nella località ove era stata fatta la stazione di partenza. I risultati ottenuti stanno a dimostrare come le costanti strumentali non abbiano subito alterazioni nel corso della campagna.

Strumenti adoperati

La spedizione Magnetometrica recava con sè:

il magnetometro unifilare Elliot n. 89;

l'inclinometro di Barrow n. 134;

un tacheometro Troughton & Simms, distinto col n. 11;

il cronometro marino a tempo medio Kullberg n. 4641, che fu poi sostituito dall'altro cronometro Kullberg n. 5396, pure a tempo medio (ambedue questi cronometri erano provvisti di contatti elettrici);

un cronografo da campo Cavignato.

Il magnetometro e l'inclinometro furono sempre adoperati sui trepiedi che corredano tali strumenti. Il magnetometro trovava riparo entro un casotto di tela, con leggera armatura di bronzo, che si poteva chiudere ermeticamente o permetteva di lasciare cadere la metà superiore di una parete per la punteria alla mira, necessaria per le misure di declinazione.

Quando chiuso, il casotto presentava un ottimo riparo contro il vento, e quindi le determinazioni di componente orizzontale della forza magnetica terrestre non furono mai perturbate. Le misure di declinazione dovettero invece subire dei disturbi, spesso notevoli.

Anche le misure di inclinazione furono spesso disturbate, poichè dovendosi per la ristrettezza del tempo eseguire le misure contemporaneamente col magnetometro e con l'inclinometro, questo strumento si trovava esposto al vento, essendo solo riparato dell'azione diretta dei raggi solari con un ombrellone amagnetico da tacheometro.

Prima delle misure erano accuratamente allontanati tutti gli oggetti di metallo non amagnetico e gli osservatori stessi si liberavano scrupolosamente di tutti gli oggetti che potessero recare nocumento alle misure (orologi da tasca e da polso, controspalline, ecc). Fu sempre compiuta un'accurata esplorazione magnetica della località.

Misure di declinazione

Fu sempre scelta come mira un'asta o qualche altra linea verticale facilmente individuabile, lontana il più possibile. Per la determinazione dell'azimut vero non si fece mai uso del dispositivo connesso al magnetometro per determinare l'azimut del sole. Si adoperò invece il tacheometro sistemato sul trepiedi del magnetometro stesso, seguendo il metodo consigliato dal Comandante Alessio nella sua « Relazione sulle misure magnetiche eseguite nella campagna della R. Nave *Calabria* » (Annali Idr. Vol. 8°).

Rettificato lo strumento, si punta la mira col filo verticale centrale del telarino, facendo le letture ai due microscopi del C. O. Si puntano quindi successivamente i due lembi del sole e per ogni puntata si registrano lo stop al cronometro e la lettura sul C. O.

Data quindi al tacheometro la posizione coniugata, si ripetono le stesse operazioni, ma in senso inverso, e cioè si fanno le puntate successive ai due lembi del sole (prendendo i relativi stop cronometrici) e quindi alla mira.

La media $l_{\odot}$ di tutte le letture relative al sole elimina il semidiametro solare in azimut, nonchè gli errori strumentali residui di collimazione e di inclinazione dell'asse secondario.

A tale lettura si fa corrispondere l'azimut del centro del sole per l'istante cronometrico medio degli istanti corrispondenti alle quattro puntate ai lembi del sole: si ammette cioè che la variazione dell'azimut solare sia proporzionale al tempo. Le determinazioni di azimut furono sempre eseguite in circostanze tali che rendessero lecita tale ammissione.

L'azimut del sole si calcola con le formule:

$$\tan R = \frac{\tan \delta}{\cos P} \qquad \tan A\odot = \frac{\cos R \tan P}{\operatorname{sen} (\varphi - R)}$$

ove δ. P sono rispettivamente la declinazione e l'angolo orario del sole, R un angolo ausiliario.

La correzione assoluta del cronometro fu determinata mediante la radiotelegrafia con i segnali orari di Parigi o di Massaua, oppure si ebbe dalle determinazioni astronomiche eseguite a sussidio di altre misure di precisione.

Le coordinate geografiche locali furono ricavate con l'approssimazione necessaria dai piani esistenti nell'idrografia di bordo.

L'azimut della mira si ricava dalla relazione:

$$a_m = a_\odot - l_\odot + l_m$$

ove l_m rappresenta la media delle letture al C. O. del tacheometro puntando la mira nelle due posizioni dello strumento.

Determinato l'azimut della mira, sullo stesso trepiedi si sistemava il magnetometro col quale si procedeva alla misura della declinazione.

Furono sempre eseguite almeno due determinazioni di azimut; e, possibilmente, da diversi osservatori: se i diversi osservatori hanno proceduto anche a misure di declinazione, queste determinazioni sono state ritenute indipendenti e cioè nei singoli calcoli della declinazione è stato introdotto il solo azimut determinato dallo stesso osservatore. Altrimenti si è fatta la media di tutti i valori ricavati dell'azimut della mira e tale media è stata introdotta nel calcolo.

Si cercò sempre di eseguire almeno quattro misure di declinazione, in ognuna osservando il magnete nelle due posizioni: non fu possibile in alcune località compiere il numero voluto di misure, per le avverse condizioni meteorologiche.

Si ebbe inoltre cura di eseguire sempre le misure tra le 10^h e le 11^h a. m. nelle ore cioè in cui, pur essendo più rapida la variazione dell'elemento considerato, esso passa per il valore medio della giornata.

Determinazione della componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Il valore della componente orizzontale H fu dedotto, mediante il magnetometro, col metodo delle oscillazioni e delle deflessioni, misurando cioè la durata di oscillazione del magnete sospeso al sistema unifilare e misurando le deviazioni che lo stesso magnete, da due diverse distanze, produce su un altro magnete sospeso al sistema unifilare del magnetometro.

Detto M il momento magnetico del magnete oscillante e deviante, il valore di H è ottenuto dall'eliminazione di M dai valori di M H, $\frac{M}{H}$ che si ottengono dalle formule.

$$1)\quad \begin{cases} T_1 = T_0\left(1 - \frac{k}{86400} - \frac{\alpha\,\alpha'}{16}\right) \\ T^2 = T^2_1\left(1 + \frac{\delta}{D} - C_t + \gamma\frac{H_0}{M_0}\right) \\ M\,H = \frac{\pi^2\,K}{T^2} \end{cases}$$

$$2)\quad \begin{cases} \frac{M_0}{H_0} = \frac{1}{2}r^3 \operatorname{sen}\theta \\ \frac{M_1}{H_1} = \frac{M_0}{H_0}\left(1 + \frac{2\gamma}{r^3} + C_\tau\right) \\ \frac{M}{H} = \frac{M_1}{H_1}\left(1 - \frac{P}{r^2}\right) \end{cases}$$

Il significato dei simboli usati è il seguente:

T_0 durata di oscillazione osservata (in tempo del cronometro);

T » » » corretta (in tempo medio);

k andamento diurno del cronometro;

α, α' amplitudine iniziale e finale di oscillazione del magnete;

$\frac{\delta}{D}$ correzione per l'effetto di torsione del filo di sospensione;

$C_t = qt + q't^2$ correzione per la temperatura t durante le misure di oscillazione;

$C_\tau = q\tau + q'\tau^2$ correzione per la temperatura τ durante le misure di deflessione;

γ coefficiente di induzione magnetica del magnete;

K momento d'inerzia del magnete oscillante;

$\frac{M_0}{H_0}$ valore approssimato di $\frac{M}{H}$

r distanza vera del magnete deflettente dal magnete deflesso;

θ angolo di deflessione;

P quantità che si determina eseguendo la misura di deflessione a due diverse distanze del magnete deflettente dal deflesso mediante la formola.

$$P = \frac{r^3 \operatorname{sen}\theta - r'^3 \operatorname{sen}\theta'}{r \operatorname{sen}\theta - r' \operatorname{sen}\theta'}$$

La durata di oscillazione del magnete fu ricavata dalla misura della durata di 100 oscillazioni: messo in oscillazione il magnete, si contano 120 passaggi del tratto centrale della scala del magnete oscillante davanti al filo centrale del cannocchiale e si registrano al cronografo i primi 20 e gli ultimi 20 passaggi. L'intervallo tra i corrispondenti istanti dei due gruppi di appulsi registrati (1 e 101, 2 e 102, ...) dà la durata di 100 oscillazioni: se ne ricavano 20 valori, la cui media è usata per il calcolo.

Il termine correttivo per la marcia del cronometro fu sempre nullo, essendosi adoperati cronometri la cui marcia non raggiunse mai i 2^s.

Si adottarono per i coefficienti del termine correttivo per la temperatura e per il coefficiente di induzione magnetica i valori forniti dall'osservatorio di Kew, e cioè:

$$q = 0.000360 \qquad q' = 0.00000133 \qquad \gamma = 6.76$$

Durante la campagna non fu mai determinato il valore del momento di inerzia K del magnete oscillante; si ebbe cura che esso non subisse alcuna alterazione nel corso della campagna.

I valori ricavati, prima e dopo la campagna, a Genova, nel gabinetto magnetico dell'Istituto Idrografico, con ripetute misure di oscillazione del semplice magnete e dello stesso col peso addizionale, coincidono e permettono quindi di ammettere la costanza di questo elemento.

L'effetto di torsione del sistema di sospensione fu determinata volta per volta, ruotando il punto di sospensione di 360° prima in un senso e poi nell'altro.

Le deflessioni furono osservate affacciando successivamente al magnete deviato i due poli del magnete deviante, alle distanze corrispondenti alle letture 30 e 40 sull'asta porta carrello che, secondo le determinazioni fatte a Kew, hanno rispettivamente i valori di c m. 29,990 e c.m. 39.990. Le osservazioni furono eseguite da ambedue le parti rispetto al meridiano del magnete deviato.

Dove fu possibile diversi osservatori fecero le misure per una determinazione completa di componente orizzontale e cioè una misura di durata di oscillazione ed una completa di deflessione e gli elementi raccolti dai singoli osservatori furono messi a calcolo indipendentemente. Le osservazioni furono fatte nelle prime ore del pomeriggio, nelle quali il valore di H si discosta meno dal suo valore giornaliero medio.

Misura dell'inclinazione.

Furono sempre eseguite almeno due misure con due aghi differenti. I due aghi 1 e 3 portati dall'Italia non erano in ottime condizioni, il che fu subito manifesto per l'imprecisione delle misure.

Nel corso della campagna furono ricevuti altri due aghi 1*, 2* che risultarono ottimi: però le misure, eseguite spesso, come già si è accennato, con tempo ventoso, non raggiunsero talora il grado di precisione consentito dallo strumento adoperato.

Nelle pagine seguenti sono raccolte per ciascuna stazione le note determinative e informative circa le stazioni e le osservazioni, i valori ricavati dalle misure dirette e, insieme con i varî termini di correzione, è accennato lo sviluppo del calcolo dei varî elementi del magnetismo terrestre nelle singole stazioni.

Per ogni misura è indicato il nome dell'osservatore. Tutte le misure furono compiute al livello del mare: fa eccezione la stazione di Asmara che si eleva a m. 2330.

ESECUZIONE DELLE MISURE

GENOVA

Le misure di partenza furono eseguite a Genova (Castellaccio) nel settembre 1923 dallo scrivente, sotto la guida del Prof. Palazzo, il quale con strumenti proprî eseguì analoghe determinazioni.

I giorni 7 e 8 furono eseguite le misure di declinazione e di componente orizzontale. Scelto ciascuno un punto di stazione, i due osservatori vi eseguirono le misure il giorno 7: il giorno seguente ripeterono le misure scambiandosi i punti di osservazione. I due punti *A, B,* distano tra loro circa 20 metri. I giorni 9 e 10 furono eseguite le misure di inclinazione, negli stessi punti da ambedue gli osservatori.

Le misure eseguite dallo scrivente il giorno 7, per inconvenienti accaduti al magnetometro, non risultarono di alcun valore, e si sono scartate: si riportano quindi gli elementi del solo giorno 8, nonchè le misure d'inclinazione.

Si riportano inoltre i valori dei varî elementi ricavati dalle misure del professore Palazzo, gentilmente comunicati all'Istituto Idrografico dal Professore stesso.

Il giorno 28 giugno 1924 furono nella stessa località eseguite le misure di chiusura dallo scrivente e dal Tenente di Vascello Lupinacci: si riportano i calcoli relativi.

Risultati delle misure magnetiche eseguite dal prof. Palazzo a Genova (Castellaccio) nel Settembre 1923.

$$\begin{cases} \varphi = 44^{\circ}25'48'' \ N. \\ \lambda = 8^{\circ}55'57'' \ E.G. \end{cases}$$

Mira: Punta del campanile del Santuario della Madonna del Gazzo
Azimut della mira da A 102°55'35" — Azimut della mira da B 102°45'50"

Declinazione magnetica

Giorno e punto	Ora t.m. E. C.	Declinaz. W	Giorno e punto	Ora t.m. E. C.	Declinaz. W
7 Settembre	10h 20m	8° 55' 30"	8 Settembre	10h 3m	8° 56' 12"
Punto A	10 38	55 50	Punto B	10 22	57 38
	10 54	56 20		10 43	58 12
	11 12	56 58		11 4	59 23
	media	8°56' 10"		media	8°57' 5"

Valore **medio della declinazione nei giorni 7 e 8 settembre nei punti A e B 8° 57'0" W**

Componente orizzontale

Giorno e punto	Ora da	Ora a	Componente orizzontale	Giorno e punto	Ora da	Ora a	Componente orizzontale
7 Settembre	$15^h\ 7^m$	$16^h\ 1^m$	0. 22107	8 Settembre	14^h31^m	15^h14^m	0. 22107
Punto A	15 7	17 10	0. 22105	Punto B	14 31	16 7	0. 22111
	15 35	17 26	0. 22109		15 0	15 36	0. 22108
	16 42	17 26	0. 22106		15 52	16 36	0. 22112
	15 7	16 21	0. 22101		14 31	15 32	0. 22110
	15 7	16 38	0. 22113		14 31	15 48	0. 22112
	16 5	17 26	0. 22103		15 17	16 36	0. 22111
	16 24	17 26	0. 22115		15 35	16 36	0. 22114
		media	0. 22107			media	0. 22111

Valore medio della componente orizzontale nei giorni 7 e 8 Settembre e nei punti A e B
0. 22109

Inclinazione magnetica

Giorno e punto	Ora da	Ora a	Ago	Inclinazione	Giorno e punto	Ora da	Ora a	Ago	Inclinazione
9 Settembre - Punto B	7^h20^m	$8^h\ 0^m$	1	60° 7′.8	10 Settembre - Punto A	7^h35^m	$8^h\ 3^m$	1	60° 8′.3
	8 17	8 43	6	7. 8		8 14	8 45	6	8. 7
	9 1	9 31	2	5. 2		8 59	9 32	2	9. 4
	9 45	10 10	5	10. 1		9 44	10 14	5	8. 6
	10 15	10 39	15	10. 4			media		60 8. 8
	10 45	11 12	16	6. 9					
		media		60 8. 0					

Media delle dieci misure **60°8′,3**

Genova - 8 Settembre 1923 *(Oss. Cugia)*

Cronometro Kullberg N° 4641 Punto A $\varphi = 44° 25' 48''$ N, $\lambda = 8° 55' 57''$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	l ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira
7h 55m 37s,9	— 0m 13s,6	20h 33m 10s,0	114° 30' 24''	136° 10' 33''	304° 36' 22''	168° 25' 49''	282° 56' 13''
8 9 28, 7		47 0, 8	117 37 35	18 19 22	214 7 11	165 11 49	55 24

Valore medio dell'azimut della mira **282° 55' 49''**

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut magn. — punt. mira	Azimut vero merid. magn.	Declinaz. W
11h 5m	S	300° 44' 25''	300° 42' 7''	232° 34' 20''	50° 21' 29''	351° 3' 36''	8° 56' 24''
	I	39 50					
11 20	I	37 10	43 20	34 50	20 59	4 19	55 41
	S	49 30					
11 30	S	48 40	42 40	35 0	20 49	3 29	56 31
	I	36 40					
11 44	I	39 10	44 10	34 10	21 39	5 49	54 11
	S	49 10					

Valore medio della declinazione **8° 55' 42'' W**

Inclinazione magnetica

9 - IX - 23	Ago N. 1	60° 14', 4	10 - IX - 23	Ago N. 1	60° 6',2
Punto A	3	13, 5	Punto B	3	60 4, 6
	media	60 13, 9		media	60 5, 4

Valore medio dell'inclinazione I = **60° 9',7** .

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civ.	Durata di 100 oscillazioni	Temp.	Amplitudine α	Amplitudine α′	Torsione per 360°	k
14^h40^m	$356^s,99$	27°,5	40	10	3′35″	$-0^s,7$
16 40	356, 05	26	46	10		

Deflessioni

Ora civ.	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.
15^h15^m	20° 17′ 15″	27°	8°22′ 55″	27°
15 45	20 16 12	26	8 19 52	26

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86.400}$	$\frac{\alpha\,\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	Ct	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	MH
I	$3^s,5699$	0	0	$3^s,5699$	12. 7442	+ 0. 00017	— 0. 01090	+0. 00144	12. 6259	228. 53
II	3, 5605	0	0	3, 5605	12. 7092	0. 00017	0. 01026	0. 00145	12. 5994	229. 00

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$2\frac{\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	20° 17′ 15″	4682. 89	+ 0. 00050	+ 0. 01069	4735. 29	5. 93	— 0. 00659	4704. 08
40	8 22 55	4667. 89	0. 00021	0. 01069	4718. 77		0. 00371	4701. 26
							media	4202. 67
30	20 16 12	4679. 01	0. 00050	0. 01026	4729. 35	17. 59	0. 01954	4641. 62
40	8 19 52	4641. 08	0. 00021	0. 01026	4691. 53		0. 01099	4640. 39
							media	4641. 00

M H	$\frac{M}{H}$	H
228. 53	4702. 67	0. 22040
229. 00	4641. 00	0. 22213

Valore medio della componente orizzontale H = **0,22127**

Genova - 28 Giugno 1924

Cronometro Lange N° 510

$\varphi = 44°25'48''$ N
$\lambda = 8°55'57''$ E.G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	l ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira
$7^h31^m44^s,4$	$-6^m47^s,0$	$19^h57^m43^s,4$	92° 24′ 2″	3° 6′ 26″	255°44″45″	252°38′19	345°2′21″
44 54, 1		20 10 53, 1	94 49 11	90 21 30	340 34 45	250 13 15	345 2 26

Declinazione magnetica

Ora civ.	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut magn. — punt. mira	Azimut vero merid. magn.	Declinaz. W	Osservatore
$10^s\ 0^m$	S I	76° 44′ 0″ 20 10	76° 32′ 5″	70° 22 50″	274° 39′ 36″	351° 11′ 41″	8° 48′ 19″	Cugia
10 15	I S	20 30 43 0	31 45	23 10	39 16	11 1	48 59	»
10 30	S I	41 10 20 0	30 35	23 20	39 6	9 41	50 19	»
10 45	I S	20 20 41 0	30 40	24 0	38 21	9 1	50 59	Lupinacci
11 0	S I	40 30 18 0	29 15	24 0	38 21	7 36	52 24	»

Valore medio della declinazione **8° 50′12″ W**

Inclinazione magnetica

Ago N° 1*	60° 14′.0	Oss. Cugia
» » 2*	10 .1	» »

Valore medio dell'inclinazione I = **60°12′.0**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni *Deflessioni*

Ora civile	Durata di 100 oscillazioni	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
14h	371s,51	26°	60	37	13′ 57″	+0s,2	Cugia
16	371, 97	28	65	39			Lupinacci

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
14h30m	18°37′7″	23°,7	7°43′2″	23°	Cugia
15 0	18 36 50	22, 6	7 43 18	21,8	Lupinacci

Calcolo di M H

Serie	to	$\frac{k}{86400}$	$\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	G_t	$\frac{H_0}{\gamma M_0}$	T^2	M H
I	3s,7151	0	0	3s,7151	13.8020	+ 0.00065	— 0.01026	+ 0.00157	13.6910	210.75
II	3, 7197	0	0	3, 7197	13.8062	0.00065	0.01156	0.00157	13.7070	210.41

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	Cτ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$	Osservatore
30	18° 37′ 7″	4311.16	+ 0.00050	+ 0.00928	4353.32	6.18	— 0.00687	4323.41	
40	7 43 2	4299.27	0.00021	0.00898	4338.78		0.00386	4322.03	
							media	4322.72	Cugia
30	18 36 50	4310.01	0.00050	0.00890	4350.52	4.52	0.00502	4328.68	
40	7 43 18	4301.47	0.00021	0.00852	4339.02		0.00283	4326.74	
							media	4327.71	Lupinacci

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
210.75	4322.72	0.22080	Cugia
210.41	4327.71	0.22050	Lupinacci

Valore medio della componente orizzontale H = **0.22065**

KOSEIR (Egitto).

La determinazione è stata eseguita sulla spiaggia del mare, a circa m. 700 dall'angolo S. W. del forte indicato sul piano della carta inglese n. 8 *b*.

Le determinazioni sono state eseguite dalle 10^h ant. alle 15^h. Le misure di inclinazione furono eseguite dal Sig. Göransson.

Fu adoperata come mira l'asta della bandiera della residenza che distava circa 800 metri dalla località.

La determinazione fu disturbata dal vento che sollevava sabbia in gran quantità.

Koseir - 22 Ottobre 1923

Cronometro Kullberg N° 4641.

$\varphi = 26° 6{,}2\ N.$
$\lambda = 34°17'{,}1\ E.\ G$

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut dellla mira	Osservatore
7^h 14^m 6^s,6	− 0^s.8	21^{h}46^{m}32^s,6	134°20' 22"	124°44'55"	5°37'36"	240°52'41"	15°13' 3"	Cugia
7 22 47,6		55 13,8	136 31 57	216 45 34	95 28 15	238 42 41	14 38	»

Valore medio dell'Azimut della mira **15°13'50"**

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira —Puntata mira	Azimut vero meridiano magnetico	Declinazione W	Osservatore
10^h.45	S I	239° 21' 50" 6 30	239° 14' 10"	255° 4' 0"	120° 9' 50"	359° 24' 0"	0° 36' 0"	Cugia
11 0	I S	4 40 20 20	12 30	2 50	11 0	23 30	36 30	»
11 .20	S I	25 0 4 20	14 40	2 20	11 30	26 10	33 50	»
11 .40	I S	5 10 18 50	12 30	2 30	11 20	23 50	36 10	»

Valore medio della declinazione **0°35'37" W**

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1	35° 9'.2	Oss. Göransson
3	35 15. 2	»

Valore medio dell'inclinazione I = **35°12'. 2**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Durata di 100 oscillazioni	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α'	Torsione per 360°	k	Osserva-tore
297s.54	29°	70	34	6' 20"	+ 0°.9	Cugia
298. 03	30	54	14			»

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp	Osserva-tore
14h30m	13° 29' 55"	29°.5	5° 47' 18"	29°.7	Cugia

Calcolo di M H

Serie	T o	k / 86400	$-\frac{\alpha\,\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	Ct	$\gamma\frac{H_o}{M_o}$	T^2	M H
I	2s,9754	0	— 0. 00001	2s,9754	8. 8530	+ 0. 00030	— 0. 01156	+0. 00212	8. 7721	328. 92
II	2, 9803	0	— 0. 00000	2, 9803	8. 8822	+ 0. 00030	— 0. 01200	+0. 00212	8. 7971	327. 99

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_o}{H_o}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	Ct	$\frac{M^1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	13° 29' 55"	3154. 1	+ 0. 00050	+ 0. 01178	3192. 8	— 51. 29	+ 0. 05699	3374. 76
40	5 47 18	3230. 0	+ 0. 00021	+ 0. 01188	3269. 1		+ 0. 03206	3373. 91
							media	3374. 34

M H	$\frac{M}{H}$	H
328. 92	3374. 34	0. 31222
327. 99		0. 31177

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 31200**

PORT SUDAN

Si è fatta stazione sul lato meridionale dell'imboccatura del porto, in prossimità della radice del moletto più orientale della stazione di quarantena, presso il punto sulla spiaggia del mare indicato dalla quota di 14 piedi sul piano inglese n. 3492.

La stazione fu eseguita il 27 ottobre 1923 e fu ripetuta nello stesso punto il 16 maggio 1924.

Nella prima determinazione fu scelto come mira il parafulmine del fanale sorgente sull'estremità del molo all'entrata, distante metri 800 dalla stazione: insieme con lo scrivente concorsero alla determinazione dell'azimut della mira il Tenente di Vascello Mirti della Valle, il Sotto Tenente di Vascello Göransson, il Guardiamarina Squitieri. Il sig. Göransson eseguì le misure d'inclinazione.

La seconda stazione fu eseguita dal Tenente di Vascello Galati e dallo scrivente, che determinarono gli elementi declinazione e componente orizzontale indipendentemente l'uno dall'altro. Mentre i due valori di *H* ricavati nelle due stazioni sono in ottimo accordo, i valori della declinazione presentano una divergenza di 8′ circa, che si riduce a 6′ qualora nel valore medio della declinazione dato dalla prima stazione non si voglia tener conto delle misure eseguite nelle ore pomeridiane.

Il 27 ottobre le operazioni si svolsero senza difficoltà, mentre il 16 maggio il vento disturbò notevolmente, non permettendo nè pure di compiere le misure di inclinazione.

Port Sudan - 27 Ottobre 1923

Cronometro Kullberg N° 4641 — $\varphi = 19° 36' 11''$ N, $\lambda = 37° 13' 10''$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettera ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut mira	Osservatore
5h 26m 12s,4	—0s 7	20h 11m 2s,2	114° 50′ 31″	199° 33′ 12″	174° 45′ 0″	335° 11′ 48″	90° 2′ 19″	Cugia
38 58, 4		23 48, 2	116 34 5	201 16 41	174 44 45	333 28 4	2 9	Mirti Della Valle
55 12, 7		40 2, 5	118 56 45	264 4 0	235 9 0	331 5 0	1 45	Goransson
6 20 25, 9		21 5 15, 7	123 7 25	328 32 0	295 27 20	326 55 20	2 45	Squitieri

Valore medio dell'azimut della mira **90° 2′ 15″**

Declinazione magnetica

Ora civile	Posizione del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
$10^h 45^m$	I	243° 3′ 0″	243° 8′ 5″	333° 48′ 40″	116° 13′ 35″	359° 21′ 40″	0° 38′ 20″	Cugia
	S	13 10						
11 0	S	243 14 30	7 40	51 0	11 15	18 55	41 5	»
	I	2 50						
11 15	I	242 59 30	7 25	50 20	11 55	19 20	40 40	»
	S	243 15 20						
11 30	S	243 16 40	10 0	49 10	13 5	23 5	36 55	»
	I	3 20						
15 40	I	243 9 20	13 30	48 20	13 55	27 25	32 35	»
	S	17 40						
16 0	S	243 18 50	10 25	46 30	15 45	26 10	33 50	»
	I	2 0						

Valore medio della declinazione **0°37′14″** W

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1	22° 32′,1	Oss. Göransson
» » 3	22 41,4	» »

Valore medio dell'inclinazione I = **22 36,7**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Amplit. α	Amplit. α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
$14^h 0^m$	$288^s,44$	39°.5	46	13	6′ 00″	$+0^s,25$	Cugia
15 30	288, 48	31, 5	44	17			

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
$14^h 20^m$	12° 58′ 15″	32°,5	5° 24′ 5″	32°.5	Cugia

Calcolo di M H

Serie	T_o	$\frac{k}{86400}$	$\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma \frac{H_o}{M_o}$	T^2	M H
I	2^s, 8844	0	0	2^s.8844	8. 3198	+0. 00028	−0. 01355	+0. 00224	8. 2280	350. 68
II	2, 8848	0	0	2 .8848	8. 3221	0. 00028	0. 01266	0. 00224	8. 2377	350. 26

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M}{H}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12° 58′ 15″	3032. 43	+ 0. 00050	+ 0. 01311	3073. 70	+12.10	— 0. 01344	3063. 13
40	5 24 5	3015. 30	0. 00021	0. 01311	3055. 46		0. 00756	3032. 36

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osserv.
350. 68		0. 33920	Cugia
350. 26	3047. 75	0. 33021	»

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 33911**

Port Sudan — 16 Maggio 1924

Cronometro Kullberg N° 6396

$\varphi = 19° 36' 11''$ N.
$\lambda = 37° 13' 10''$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$6^h\ 4^m 25^s,2$	$+ 7^m 42^s,2$	$20^h 44^m 46^s,3$	82° 6′ 40″	265° 58′ 7″	303° 58″ 0″	39° 59′ 33″	132° 6′ 33″	Cugia
17 52,6		58 13,6	82 50 44	175 41 15	214 56 45	39 15 30	6 14	Galati

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
$10^h\ 0^m$	I	209° 26′ 30″	209° 20′ 5″	332° 11′ 50″	149° 54′ 43″	359° 14′ 48″	0° 45′ 12″	Cugia
	S	13 40						
10 30	S	209 14 10	20 20	12 30	54 3	14 23	45 37	»
	I	26 30						
11 10	I	209 28 30	22 30	12 30	54 3	16 33	44 23	Galati
	S	16 30						

Valore medio della declinazione **0°45′4″**

Componente orizzontale delle forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
$13^h\ 0^m$	$299^s,79$	35°,3	58	37	6′ 10″	$+ 0^s 8$	Cugia
13 30	299,89	35,5	43	25			Galati

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
14^h	11° 54′ 52″	35°,5	4° 59′ 5″	35°,1	Cugia
15	11 55 3	34,0	4 59 37	34,9	Galati

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86400}$	$\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	$-C_t$	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
I	2. 9979	0	0. 00001	2. 9979	8. 9874	0. 00029	—0. 01437	+0. 00243	8. 8827	324. 87
II	2. 9989	0	0. 00001	2. 9989	8. 9934	0. 00029	0. 01446	0. 00242	8. 8877	324. 65

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H^1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	11° 54′ 52″	2789. 63	0. 00050	0. 01443	2831. 28	5. 04	—0. 00560	2815. 42
40	4 59 5	2783. 68	0. 00021	0. 01428	2824. 57		0. 00315	2815. 67
							media	2815. 55
30	11 55 3	2790. 14	0. 00050	0. 01378	2830. 00	1. 73	0. 00192	2824. 57
40	4 59 37	2788. 50	0. 00021	0. 01416	2828. 57		0. 00108	2825. 52
							media	2825. 05

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
324. 84	2815. 55	0. 33966	Cugia
324. 65	2825. 05	0. 33900	Galati

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 33993**

ADEN

Il giorno 8 Dicembre 1923, coadiuvato dal guardiamarina Giannattasio e dal sig. Göransson (che eseguì le misure di inclinazione), compii le determinazioni magnetiche presso le saline, sul lato meridionale della baia. Usai come mira un palo telegrafico distante circa 2000 metri. Il vento mi disturbò alquanto. Temendo inoltre di avere male scelto la località, perchè il magnete aveva dimostrata una certa irrequietudine, approfittai di una seconda fermata della nave a Aden ed eseguii le misure in altra località, sulla spiaggia dell'Oceano Indiano, ben lontano da tutti gli eventuali disturbi.

Questa seconda stazione fu eseguita il 30 Aprile 1924. Concorse alla determinazione il sig. Göransson che eseguì alcune misure di declinazione indipendentemente dallo scrivente. Servì da mira un'asta da bandiera lontana 3000 metri. Il vento non arrecò alcun disturbo. I risultati del 30 Aprile sono sufficientemenente concordanti con quelli dell'8 Dicembre.

Aden - 8 Dicembre 1923

Cronometro Kullberg N° 4641

$$\begin{cases} \varphi = 12^\circ\ 49'.5\ N. \\ \lambda = 45^\circ\ 0'\ E.\ G. \end{cases}$$

Azimut della mira

t_c	Correz.^{e} assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$6^h\ 13^m 28^s,9$	— 51^s.1	$21^h\ 21^m 26^s,4$	132° 8′ 3″	21° 26′ 30″	39° 25′ 7″	17° 48′ 37″	149° 56′ 40″	Cugia
23 1, 2		30 38, 6	133 51 7	82 57 26	99 3 22	16 5 56	57 3	Goransson
39 34, 9		47 12, 1	137 13 52	326 18 18	339 0 22	12 42 4	55 56	Giannattasio

Valore medio dell'azimut della mira **149°56′33″**

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz.^{e} del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira —Puntata mira	Azimut vero meridiano magnetico	Declinazione E	Osservatore
$10^h\ 15^m$	S I	53° 40′ 35″ 50 30	53° 45′ 32″	203° 18′ 10′	306° 38′ 23″	0° 23′ 55″	0° 23′ 55″	Cugia
10 30	I S	46 40 40 10	43 25	18 30	38 3	21 28	21 28	»
10 50	S I	38 50 49 0	43 55	19 10	37 23	21 18	21 18	»
11 15	I S	48 40 41 50	45 15	20 0	36 33	21 48	21 48	»

Valore medio della declinazione **0° 22′ 7″ E**

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1	8° 21'.1	Oss. Göransson
» » 3	7'.0	»

Valore medio dell'inclinazione I = **8°14'.0**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Amplit. α	Amplit. α'	Tors.e per 360°	k	Osserv.
14h 0m	282s,49	29. 5	60	25	4' "5	—1s.2	Cugia
14 30	282 ,49	29. 5	75	32			

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distauza 40	Temp.	Osserv.
14h30m	12° 25' 10"	33°. 5	5° 11' 21"	31°. 8	Cugia

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86.400}$	$\frac{\alpha\,\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\vartheta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
I	2s,8249	0	0	2s,8249	7. 9801	+0. 00019	—0. 01178	+0. 00233	7. 9062	364. 95
II	2, 8249	0	0. 00001	2, 8249	7. 9801	+0. 00019	—0. 01178	+0. 00233	7. 9062	364. 95

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12h 25' 10"	2905. 65	+0. 00050	+0. 01355	2946. 47	+ 6. 17	—0. 00686	2926. 26
40	5 11 21	2897. 03	+0. 00021	+0. 01279	2934. 69		—0. 00386	2923. 36
							media	2924. 81

M H = 364.95 (risultato di due misure) $\frac{M}{H}$ = 2926.26 H = 0.35315
2923.36 0.35333

Valore medio della componente orizzontale H = **0.35324**

Aden - 30 Aprile 1924

Cronometro Kullberg N° 5396

$\varphi = 12^\circ\ 47'\ 30''$ N.
$\lambda = 49^\circ\ 3'\ 0''$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira
$2^h\ 15^m\ 6^s.6$	$+ 7^m\ 27^s.5$	$20^h\ 25^m\ 33^s.4$	81° 13′ 51″	71° 37′ 26″	285° 3′ 45″	213° 26′ 19″	294° 40′ 10″
29 33.4		40 20.2	81 36 5	161 57 0	15 2 15	214 5 15	41 20

Declinazione magnetica

Ora civ.	Posizione del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione E	Osservatore
$10^h\ 0^m$	I	167° 12′ 50″	167° 7′ 0″	101° 28′ 20″	193° 11′ 50″	0° 18′ 50″	0° 18′ 50″	Cugia
	S	1 10						
10 30	S	167 1 30	7 20	28 20	11 50	19 10	19 10	»
	I	13 10						
11 10	I	167 13 50	6 40	28 20	11 50	18 30	18 30	»
	S	166 59 30						
11 30	S	167 0 0	6 25	28 20	11 50	18 15	18 15	»
	I	12 50						
12 20	I	167 12 40	6 5	27 50	13 30	19 35	19 35	Göransson
	S	166 59 30						
12 45	S	166 59 20	6 35	27 50	13 30	20 5	20 5	»
	I	167 13 50						

Valore medio della declinazione **0° 19′ 4″** E

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1*	8°12′,4	Oss. Cugia
» » 2*	12, 2	» »

Valore medio dell'inclinazione **I = 8°12′.3**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Amplit. α	Amplit. α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
14h	294s.11	32°.6	50	30	30′ 0″	+ 0s.7	Cugia

Deflessioni

Ora civ.	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
14h30m	11° 29′ 35″	31°.5	4°48′ 17″	30°,0	Cugia
15 0	11 30 17	29 .8	4 49 10	30 ,0	Göransson

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86.400}$	$-\frac{\alpha'\alpha''}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
unica	2s,9411	0	— 0.00001	2s.9411	8.6501	+ 0.00139	—0,13100	+ 0.00251	8.5705	336.66

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	11° 29′ 35	2691.76	+ 0.00050	+ 0.01266	2727.18	+ 7.27	— 0.00808	2705.14
40	4 48 17	2683.32	0.00021	0.01200	2716.08		0.00454	2703.62
							media	2704.38
30	11 30 87	2694.09	0.00050	0.01191	2727.52	+ 3.09	0.00343	2718.16
40	4 49 10	2690.86	0.00021	0.01191	2723.44		0.00193	2718.18
							media	2718.17

M H = 336.66 $\quad \frac{M}{H} = 2704.38$ $\quad$ H = 0.35283

2718.17 $\quad$ 0.35193

Valore medio della componente orizzontale H = **0.35238**

ASSAB

La stazione fu eseguita a metri 200 dalla porta N.W. dell'alloggio del Commissario Regionale, rilevandola per 140°, sul viale che da detto padiglione si distacca. Tutte le determinazioni furono compiute dallo scrivente.

Mi servii come mira di uno spigolo della porta cui si riferisce l'ubicazione della stazione.

La giornata fu alquanto ventosa, ma calma magneticamente. È da notarsi la presenza nel territorio di Assab di gran quantità di roccie basaltiche.

Assab - 19 Dicembre 1923

Cronometro Kullberg N° 4641

$\varphi = 13^\circ\ 0'\ N.$
$\lambda = 42^\circ\ 44'\ 50''\ E.\ G.$

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	$\alpha\ \odot$	Lettura $\odot$	Lettura mira	Angolo mira—$\odot$	Azimut della mira	Osservatore
$6^h20^m39^s,7$	$-\ 1^m\ 2^s,7$	$21^h13^m55^s,4$	131°40'15"	164° 23'26"	172°38'45"	8° 15' 19"	139° 55'34"	Cugia
28 12 ,5		21 28, 2	132 59 58	165 43 0	38'30	6 55 30	55 28	»

Valore medio dell'azimut della mira **139° 55'31"**

Declinazione magnetica

Ora civ.	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinaz. W	Osservatore
10^h30^m	I S	137° 37' 40" 25 15	137° 31' 27"	278° 0' 30"	221° 55' 1"	359° 26' 28"	0° 33' 32"	Cugia
11 0	S I	137 25 20 36 50	31 5	0 20	55 11	26 16	33 44	»
11 20	I S	137 39 0 26 10	32 35	0 10	55 21	27 56	32 4	»
11 40	S I	26 25 38 40	32 32	0 33	54 56	27 28	32 32	»

Valore medio della declinazione **0°32'58"** W

Inclinazione magnetica

(media 16 letture)

Ago N° 1	8° 0′,0	Oss. Cugia
» » 3	7 47, 1	» »

Valore medio dell'inclinazione I = **7°53,6**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
15h	284s,37	28°,7	72	22	6′ 55″	—1s,2	Cugia
16	284, 40	28, 3	68	21			»

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
15h30m	12°38′12″	28°,5′	5°16′17″	28°,5	Cugia

Calcolo di M H

Serie	T_0	k / 86 400	$\frac{\alpha'\alpha''}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\frac{H_0}{\gamma M_0}$	T^2	M H
I	2s,8437	0	0	2s,8437	8.0866	+0.00032	−0.01143	+0.00234	8.0157	359.96
II	2, 8440	0	0	2, 8440	8.0883	0.00032	0.01125	0.00230	8.0206	359.74

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12°38′12″	2887.71	+0.00050	+0.01134	2921.90	+9.70	−0.01078	2890.40
40	5 16 17	2942.38	0.00021	0.01134	2976.66		0.00606	2958.62
							media	2924.51

M H = 359.96 $\quad \frac{M}{H}$ = 2924.51 H = 0.35084

359.74 0.35073

Valore medio della componente orizzontale H = **0.35079**

ASMARA

Scelsi come punto di stazione lo stesso punto nel quale il Prof. Palazzo aveva eseguito le sue misure nel Giugno del 1913. Trovasi questo punto al lembo occidentale del parco governativo, a metri 200 a Est del palazzo del Governatore e a m. 150 a N. del viale di eucalipti.

Adottai come mira il braccio di sostegno di un isolatore di palo telefonico, distante circa 1000 metri.

Tutte le determinazioni furono eseguite sia dallo scrivente che dal Tenente di Vascello Lupinacci.

La giornata fu molto calma.

Asmara - 2 Gennaio 1924

Cronometro Kullberg N° 4641 $\begin{cases} \varphi = 15^\circ\ 20'\ 10''\ N. \\ \lambda = 38^\circ\ 55'\ 50''\ E.\ G. \end{cases}$

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$5^h\ 42^m\ 1^s,6$	$-\ 1^m\ 17^s,6$	$20^h\ 12^m\ 53^s,7$	123° 33′ 4″	132° 55′ 4″	314° 52′ 0″	181° 56′ 56″	305° 30′ 0″	Cugia
51 6, 0		21 58, 8	134 2 52	134 2 52	52 45	180 49 53	305 30 49	Lupinacci

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz.e del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira —puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
$10^h\ 30^m$	S	113° 5′ 40″	113° 10′ 40″	59° 3′ 10″	246° 26′ 50″	359° 37′ 30″	0° 22′ 30″	Cugia
	I	15 40						
10 50	I	15 20	10 20	3 10	26 50	37 10	22 50	»
	S	5 20						
11 15	S	6 0	11 0	2 50	27 59	38 59	21 1	Lupinacci
	I	16 0						

Valore medio della declinazione **0° 22′ 7″ W**

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1	13° 13′,6	Oss. Lupinacci
» » 3	5, 3	» »
» » 1	10, 3	» Cugia
» » 3	6, 6	» »

Valore medio dell'inclinazione I = **13° 9′,0**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni *Deflessioni*

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Tors.e per 360°	k	Osserva-tore
14h	283s,96	22°	52	25	6′ 55″	— 1s,3	Cugia
15	284, 24	22	50	25			Lupinacci

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osserva-tore
14h 30m	12° 40′ 20″	23°	5° 18′ 43″	22°	Cugia
15 30	12 38 50	22	5 18 36	21	Lupinacci

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86400}$	$\frac{-\alpha\,\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H^0}{M_0}$	T^2	M H
I	2s,8396	0	— 0. 00001	2s, 8396	8. 0633	+ 0. 00032	— 0. 00856	0. 00228	8. 0152	359. 98
II	2. 8424	0	0. 00000	2, 8424	8. 0792	0. 00032	0. 00856	0. 00228	8. 0810	359. 28

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12° 40′ 25″	2962. 51	+ 0. 00050	+ 0. 00898	2990. 59	0. 45	— 0. 00050	2989. 09
40	5 18 43	2963. 80	0. 00021	0. 00856	2989. 79		0. 00028	2988. 95
							media	2989. 02
30	12 38 50	2956. 31	0. 00050	0. 00856	2983. 09	3. 94	0. 00438	2970. 02
40	5 18 36	2962. 44	0. 00021	0. 00815	2987. 21		0. 00246	2979. 86
							media	2974. 94

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
359. 98	2989. 02	0. 34704	Cugia
359. 28	2974. 94	0. 34751	Lupinacci

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 34728**

ADJUZ

Nel Canale Sud di Massaua è stata prescelta questa piccola isola di formazione corallina per eseguirvi le misure magnetiche.

La stazione è stata fatta sulla spiaggia della Punta Sud Ovest rilevando il vecchio pilastrino indicato sulla carta italiana N. 140 per 262°, e a 70 metri da esso.

Il Signor Lupinacci eseguì le misure di declinazione e fece una determinazione di componente orizzontale: un'altra determinazione di componente orizzontale fu compiuta del Sig. Göransson.

Lo scrivente concorse con gli altri due ufficiali alla determinazione dell'azimut della mira (fu scelta una punta di roccia distante m. 600) e dell'inclinazione magnetica.

Le operazioni furono molto ostacolate dal vento che non permise una buona determinazione della declinazione.

Adjuz — 13 Febbraio 1924

Cronometro Kullberg N° 4641

$\varphi = 15° 13' 15'' N.$
$\lambda = 40° 12' 48'' E.G.$

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$5^h\ 45^m\ 30^s,4$	$-3^m\ 20^s,3$	$20^h\ 8^m 36^s,8$	113° 57′ 21″	54° 43′ 30″	20° 28′ 18″	325° 44′ 48″	79° 42′ 9″	Goransson
55 12,0		18 19,2	115 5 6	115 50 26	80 28 0	324 37 34	42 40	Cugia
6 9 10,1		32 16,5	116 50 2	177 34 56	140 26 38	322 51 42	41 44	Lupinacci

Valore medio dell'azimut della mira **78°42′11″**

Declinazione magnetica

Ora civile	Posizione del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magnet.	Declinazione W	Osservatore
$11^h\ 25^m$	S	103° 54′ 5″	103° 45′ 57″	183° 51′ 45″	255° 50′ 26″	359° 36′ 23″	0° 23′ 37″	Lupinacci
	I	37 50						
12 0	S	41 25	103 50 27	51 30	50 41	41 8	18 52	»
	I	59 30						

Valore medio della declinazione **0°21′15″** W

Inclinazione magnetica
(media 16 letture)

Ago N° 1*	13° 23′.3	oss. Cugia
» 2*	18.9	» »
» 2*	18.2	» Lupinacci
» 2*	18.0	» Goransson

Valore medio dell'inclinazione I = **13°19′.6**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civ.	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Amplit. α	Amplit. α′	Torsione per 360°	k	Osserv.
14h 0m	285s,42	31°,5	72	22	7′13″	— 1s,3	Lupinacci
15 30	285 ,10	31 ,4	58	18			Goransson

Deflessioni

Ora civ.	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osserv.
14h15m	12°35′ 49″	31°,8	5°15′ 42″	31°,1	Lupinacci
15 0	12 34 51	31 ,6	5 16 2	31 ,2	Goransson

Calcolo di M H

Serie	T o	$\frac{k}{86400}$	$-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_o}{M_o}$	T^2	M H
I	2s,8542	0	— 0.00000	2s,8542	8. 1465	+ 0.00033	— 0.01266	+ 0.00230	8. 0648	357. 77
II	2, 8510	0	— 0.00001	2, 8510	8. 1282	0.00033	0.01262	0.00230	8. 0470	358. 56

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M}{H}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12°35′ 49″	2946. 31	+ 0. 00050	+ 0. 01279	2985. 47	6. 71	— 0. 00746	2963. 20
40	5 15 42	2937. 11	0. 00021	0. 01248	2974. 38		0. 00419	2961. 92
							media	2962. 56
30	12 34 51	2942. 61	0. 00050	0. 01271	2981. 48	2. 03	0. 00226	2974. 74
40	5 16 2	2940. 26	0. 00021	0. 01253	2977. 72		0. 00127	2973. 94
							media	2974. 34

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
357. 77	2962. 56	0. 34751	Lupinacci
358. 56	2974. 34	0. 34791	Goransson

Valore medio della componente orizzontale H = **0.34736**

DAHALAC KEBIR

Quest'isola di formazione madreporica, si trova 28 miglia a levante di Massaua. Trovandosi lo scrivente in località diversa per altri lavori, le misure vi sono state eseguite dal Tenente di Vascello Lupinacci. Stazione a 2000 metri circa dal segnale di Imamac, rilevandolo per 213°: uno spigolo dello stesso servì come mira.

Le misure furono fatte senza casotto. Il vento disturbò molto le determinazioni, sopratutto quelle di declinazione, di cui tuttavia si riportano i dati, per quanto tra loro alquanto discordanti.

Cooperò alla determinazione dell'azimut della mira il S. Tenente di Vascello Onnis, il quale eseguì pure una determinazione di componente orizzontale.

Dahalac Kebir - 25 Febbraio 1924

Cronometro Poole N° 5063

$\varphi = 15° 46' 7''$ N.
$\lambda = 39° 57' 8''$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correz. assoluta	t_v	α ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$5^h 32^m 25^s,1$	$+6^m 17^s,5$	$20^h 5^m 3^s,2$	109°31'5"	16°7'49"	119°50'41"	103°42'52"	213°13'57"	Lupinacci
2 6 2 ,1		4 38 45 ,7	254 51 0	260 41 45	39 4 30	138 22 45	45	Onnis

Valore medio dell'azimut della mira **213°13'50"**

Declinazione magnetica

Ora civ.	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut mira — Puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
$10^h 0^m$	S	255°54'10"	255°52'15"	109° 7'20"	104° 6'30"	359°58'45"	0° 1'15"	Lupinacci
	I	50 20						
10 20	I	42 10	41 35	8 20	5 30	47 5	12 55	»
	S	41 0						
10 40	S	33 20	35 40	55 40	103 18 10	53 50	6 10	»
	I	38 10						
11 0	I	39 30	38 0	2 0	104 11 50	49 50	10 10	»
	S	36 30						

Valore medio della declinazione **0° 7'38"** W

Inclinazione magnetica

Ago N° 1*	13°42',2	Oss. Lupinacci
« « 2*	32 ,1	»

Valore medio dell'inclinazione magnetica I = **18°37',1**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Applitudine α	Applitudine α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
14^h	$285^s,35$	$39^o,$	50	18	7′ 7″	$+0^s,5$	Lupinacci
16	285 ,52	36 ,1	60	22			Onnis

Deflessioni

Ora civ.	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservatore
$14^h\ 30^m$	12° 35′ 17″	$31^o,9$	5° 15′ 37″	$32^o,1$	Lupinacci
15 0	12 35 12	32 ,5	5 15 32	32 ,2	Onnis

Calcolo di M H

Serie	T_0	k 86400	$-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	Ct	$\gamma\ \frac{II^o}{M^o}$	T^2	M H
I	$2^s,8535$	0	0	$2^s,8535$	8. 1425	+0. 00032	−0. 01606	+0. 00230	8. 0331	359. 18
II	2 ,8552	0	0	2 ,8552	8. 1522	0. 00032	0. 01472	0. 00230	8. 0536	358. 27

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12° 35′ 17″	2944. 27	+0. 00050	+0. 01284	2983. 75	5. 85	−0. 00650	2964. 36
40	5 15 37	2936. 61	0. 00021	0. 01292	75. 17		0. 00366	2964. 28
							media	2964. 32
30	12 35 12	2944. 08	0. 00050	0. 01310	2984. 12	5. 31	0. 00590	2966. 51
40	5 15 32	2935. 91	0. 00021	0. 01297	74. 61		0. 00332	2964. 73
							media	2965. 62

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
359. 18	2964. 32	0. 34809	Lupinacci
358. 27	2965. 62	0. 34757	Onnis

Valore medio della componente orizzontale H = **0.34783**

MASSAUA

Il Tenente di Vascello Lupinacci ed il Sig. Göransson hanno eseguite le misure magnetiche tra le saline ed il cimitero cattolico.

Le misure furono eseguite senza il casotto di protezione.

Il suolo nella località prescelta è di formazione madreporica. Fu usata come mira un'asta verticale distante 2000 metri.

Spirava la brezza diurna abituale a Massaua.

Massaua - 31 Marzo 1924

Cronometro Kullberg N° 5396 $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 15^\circ\ 36'\ 42''\ N. \\ \lambda = 38^\circ\ 27'\ 15''\ E.\ G. \end{array} \right.$

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut mira	Osservatore
$4^h\ 36^m\ 16^s,8$	$+\ 7^m\ 19^s,0$	$19^h\ 12^m\ 2^s,7$	91° 15′ 42″	156° 38′ 6″	104° 28 0″	307°49′ 54″	39° 5′ 36″	Lupinacci
4 46 19, 0		22 1, 5	57 33	157 19 26	27 30	8 4	5 37	Göransson

Valore medio dell'azimut della mira **39°5'37"**

Declinazione magnetica

Ora civ.	Posiz. del magnete	Posizione del magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira —puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
$10^h\ 15^m$	I	150°49′ 10″	15°53′ 55″	190°26′ 0″	208°39′ 37″	359°33′ 32″	0°26′ 28″	Lupinacci
	S	58 40						
10 30	S	150 59 50	55 50	26 30	39 7	34 57	25 3	»
	I	51 50						
10 50	I	150 47 0	53 55	25 10	40 27	34 22	25 38	»
	S	151 2 50						
11 10	S	150 59 30	54 35	24 50	40 47	35 22	24 38	»
	I	49 40						

Valore medio della declinazione **0°25'25'** W

Inclinazione magnetica

Ago N° 1*	13°49′,5	Oss. Lupinacci
» » 2*	40, 8	» »

Valore medio dell'inclinazione I = **13°45′,2**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Tors.e per 360°	k	Osservat.e
13h 30m	286s,06	31°,3	100	30	4′ 20″	+1s,2	Lupinacci
15 0	286, 05	32, 0	65	18			Göransson
16 0	286, 08	33, 4	105	30			Lupinacci

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osservat.e
14h 0	12° 32′ 17″	33°,	5° 15′ 50″	30°,8	Lupinacci
14 30	34 15	30, 3	15 5	31, 6	Göransson
15 30	33 32	31, 5	14 37	31, 0	Lupinacci

Calcolo di M H

Serie	T_o	$\frac{k}{86400}$	$-\frac{\alpha\,\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_o}{M_o}$	T^2	M H
I	2s,8606	0	0	2s,8606	8. 1830	+0. 00020	−0. 01257	+0. 00290	8. 1055	355. 98
II	2, 8605	0	0	2, 8605	8. 1825	0. 00020	0. 01244	0. 00290	8. 1061	355. 95
III	2, 8608	0	0	2, 8608	8. 1842	0. 00020	0. 01351	0. 00290	8. 0990	356. 26

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_o}{H_o}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12° 32′ 17″	2932. 96	+ 0. 00050	+ 0. 01333	2973. 52	3. 59	− 0. 00399	2961. 66
40	5 15 50	38. 48	0. 00021	0. 01235	75. 39		0. 00224	68. 73
							media	2965. 20
30	12 34 15	2940. 10	0. 00050	0. 01213	2977. 23	6. 25	0. 00724	2955. 67
40	5 15 15	31. 60	0. 00021	0. 01271	69. 45		0. 00408	57. 33
							media	2956. 50
30	12 33 32	2937. 48	0. 00050	0. 01266	2976. 14	7. 64	0. 00849	2950. 87
40	5 14 37	27. 20	0. 00021	0. 01244	64. 23		0. 00478	50. 06
							media	2950. 47

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
355. 98	2965. 20	0. 34648	Lupinacci
355. 95	2956. 50	0. 34698	Göransson
355. 26	2950. 47	0. 34749	Lupinacci

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 34698**

GEDDA (Hegiaz).

Le determinazioni furono compiute nelle giornate del 18 e 19 Maggio. Gli strumenti furono impiantati sul piccolo promontorio sabbioso che nell'ancoraggio interno si trova a N.W. della città.

La posizione esatta risulta metri 400 a ponente del posto di polizia indicato sul piano della carta inglese n. 2599. Cooperarono alle determinazioni il Signor Göransson ed il S. Tenente di Vascello Albini.

Il giorno 18 fu eseguita la determinazione della componente orizzontale e il 19 la determinazione della declinazione. In tutte e due le giornate furono eseguite numerose misure di inclinazione, disturbate dal vento che soffiava a raffiche impetuose: si è tenuto conto di quattro soli valori, che dànno il migliore affidamento.

Anche le misure eseguite col magnetometro subirono leggeri disturbi per il vento.

Come mira fu usata un'asta di bandiera distante m. 600.

Gedda 18 - 19 Maggio 1924

Cronometro Kullberg N. 5396

$\varphi = 21^\circ 29',5$ N.
$\lambda = 39^\circ 12',1$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	lettura ⊙	lettura mira	angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservat.
$4^h38^m48^s,7$	$+ 7^m44^s$	$19^h27^m 4^s,8$	77°59′ 57″	9°40′34″	114°58′22″	105°17′48″	183°17′45″	Cugia
39 37 ,9		37 54 ,0	78 43 18	250 30 11	355 5 18	104 35 7	18 25	Albini
5 5 53 ,5		54 9 ,6	79 47 18	131 29 0	235 0 22	103 31 22	18 40	Goransson

Declinazione magnetica - 19 Maggio

Ora civ.	Posiz. del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magnetico	Puntata mira	Azimut mira — punt. mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione E	Osservatore
9^h30^m	I	228° 29′ 0″	228° 22′ 20″	51° 30′ 40″	131° 47′ 5″	0° 9′ 25″	0° 9′ 25″	Cugia
	S	15 40						
9 50	S	16 20	22 55	31 40	46 5	9 0	9 0	»
	I	29 30						
10 0	I	29 50	22 55	31 0	46 45	9 40	9 40	»
	S	16 0						
10 15	S	16 0	22 15	31 10	46 35	8 50	8 50	»
	I	28 30						
10 30	S	28 35	23 2	31 5	46 40	9 42	9 42	»
	I	17 30						
10 45	I	16 40	23 0	31 10	47 15	10 15	10 15	Albini
	S	29 20						
11 0	I	38 10	31 15	40 10	28 30	9 45	9 45	Göransson
	S	24 20						
11 20	S	24 40	30 40	39 30	29 10	9 50	9 50	»
	I	38 40						

Valore medio della declinazione 0° 9′ 33″ E

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1*	27° 0′.7	Oss. Göransson
» 2*	26 55 .3	»
» 1*	27 9 .3	Cugia
» 2*	26 57 .3	»

Valore medio dell'inclinazione I = **27° 0′.6**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre – 18 Maggio

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osserva-tore
13^h30^m	300s,92	32°	50	30	6′ 25″	+ 0s,7	Cugia
15 0	301 ,07	31 ,9	32	17			Göransson

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osser-vatore
14^h 0	12° 4′ 17″	34°,1	5° 2′ 30″	34°,1	Cugia
14 30	12 2 30	34 ,5	5 2 50	34 ,6	Göransson

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86400}$	$-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
I	$3^s.0092$	0	+0. 00001	$3^s.0092$	9. 0553	+0. 00030	—0. 01288	+0. 00239	8. 9630	321. 92
II	3 .0107	0	0	3 .0107	9. 0643	0. 00030	0. 01284	0. 00240	8. 9724	321. 58

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	12° 4′ 17″	2825. 71	+0. 00050	+0. 01380	2866. 12	9. 20	—0. 01022	2836. 68
40	5 2 20	2813. 91	0. 00021	0. 01380	2853. 33		0. 00575	92
							media	2836. 80
30	12 2 30	2818. 85	0. 00050	0. 01398	2859. 67	0. 84	0. 00093	2857. 01
40	5 2 50	2818. 37	0. 00021	0. 01405	2858. 56		0. 00053	04
							media	2857. 03

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
321. 92	2836. 80	0. 33687	Cugia
321. 58	2857. 03	0. 33550	Göransson

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 33617**

HURGHADÀ (Canale di Jifatin. Egitto)

Le determinazioni magnetiche furono compiute sulla spiaggia, in prossimità del pontile della nafta, nel punto denominato Franken Point sul piano della carta inglese n. 2838. Fu adottata una mira distante circa 200 metri.

Compirono determinazioni indipendenti di declinazione e di componente orizzontale il Tenente di Vascello Sandrelli, il S. Tenente di Vascello Onnis e lo scrivente.

Le misure di inclinazione furono eseguite dal Signor Onnis.

La giornata fu molto calma: si ebbe solamente qualche leggiero disturbo per l'arrivo di un piroscafo che si ormeggiò al pontile della nafta.

Hurghada - 24 Maggio 1924

Cronometro Kullberg N° 5396

$\varphi = 27° 13' 9''$ *N.*
$\lambda = 33° 50' 8''$ *E. G.*

Azimut della mira

t_c	Correz. assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$6^h 21^m 25^s,5$	$+7^m 48^s$	$20^h 47^m 58^s,9$	87° 39' 1''	261°20'26''	333°23'52''	72° 3'26''	159°42' 27''	Cugia
32 8 ,4		58 41 ,8	88 48 54	142 19 7	213 13 0	70 53 53	42 47	Sandrelli
41 6 ,5		21 7 39 ,9	89 48 48	323 19 3	33 13 0	69 54 57	43 45	Onnis

Declinazione magnetica

Ora civile	Posizione del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn	Declinaz. W	Osservatore
$9^h 30^m$	S I	349°10'10'' 22 40	349° 16'25''	149° 45'20''	9° 57' 7''	359° 13'32''	0° 46' 28''	Cugia
9 40	I S	349 22 40 11 20	17 0	44 40	57 47	14 47	45 15	»
9 50	I S	349 11 20 22 20	16 50	45 20	57 7	13 57	46 3	»
10 0	I S	349 22 30 10 50	16 40	45 0	57 27	14 7	45 53	»
10 20	S I	349 9 35 23 45	16 40	46 45	56 2	12 42	47 18	Sandrelli
10 40	I S	349 22 30 9 40	16 5	46 45	56 2	12 7	47 50	»
11 0	S I	349 22 30 9 40	14 55	46 50	56 55	11 50	48 10	Onnis
11 30	I S	349 22 30 9 20	15 55	46 10	56 35	12 30	47 30	»

Valore medio della declinazione **0°46'49''** W

Inclinazione magnetica
(media di 16 letture)

Ago N° 1*	38° 4′.6	Osserv. Onnis
» » 2*	37 53.6	» »

Valore medio dell'inclinazione $I = 37°59'.1$

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillazioni	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osservatore
13h 30m	312s,16	31°,7	76	44	7′ 5″	1s,2	Cugia
14 40	312 ,26	31	70	40			Sandrelli
16 0	312 ,29	31	75	42			Onnis

Deflessioni

Ora civile	Dist. 30	Temp.	Dist. 40	Temp.	Osservatore
14h 0	13° 1′ 48″	30°, 8	5° 26′ 55″	30°, 8	Cugia
15 0	1 54	31 , 1	30	31 , 1	Sandrelli
15 30	2 38	31 , 0	59	30 , 9	Onnis

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86.400}$	$-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	C_t	T^2	MH
I	3s, 1216	0	0	3s, 1216	9.7444	+ 0.00032	+ 0.00222	— 0.01275	9.6449	299.16
II	3 , 1226	0	0	3 , 1226	9.7506	0.00032	0.00222	0.01244	9.6541	298.87
III	3 , 1229	0	0	3 , 1229	9.7525	0.00032	0.00222	0.01244	9.6560	298.82

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H^1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	13° 1′ 48″	3047.75	+ 0.00050	+ 0.01235	3084.89	3.54	— 0.00393	3072.77
40	5 26 55	3041.33	0.00021	0.01235	3079.53		0.00221	72
							media	3072.75
30	13 1 54	3046.20	0.00050	0.01248	3085.74	6.36	0.00707	3063.92
40	5 26 30	3037.50	0.00021	0.01248	3076.05		0.00398	81
							media	3063.87
30	13 2 38	3048.93	0.00050	0.01244	3088.38	5.27	0.00330	3078.19
40	5 26 59	3041.91	0.00021	0.01299	3080.24		0.00586	3062.19
							media	3070.19

MH	$\frac{M}{H}$	H	Osservat.
299. 16	3072. 75	0. 31202	Cugia
298. 87	3063. 87	0. 31233	Sandrelli
298. 82	3070. 19	0. 31197	Onnis

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 31211**

SUEZ (Port Thewfik).

La stazione è stata eseguita dal Sig. Göransson e dallo scrivente sulla testata del frangi-flutti orientale, nel punto ove già nel 1908 erano state eseguite misure analoghe (*Magnetic Observation Spot* del piano inglese n. 3214).

Fu usato come mira un palo telegrafico distante un migliaio di metri.

I due osservatori compirono determinazioni indipendenti di declinazione e di componente orizzontale. L'inclinazione fu misurata dal Sig. Göransson.

La giornata fu molto calma: le misure furono un po' disturbate dal frequente passaggio di piroscafi.

Suez (Port Thewfik) - 28 Maggio 1924

Cronometro Kullberg N° 5396

$\varphi = 29^\circ\ 55'\ 36''$ *N.*
$\lambda = 32^\circ\ 35'.\ 0''$ *E. G.*

Azimut della mira

t_c	Correzione assoluta	t_v	a ⊙	Lettura ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$5^h\ 29^m\ 48^s,4$	$+ 7^m\ 51^s,5$	$19^h\ 50^m 57^s,5$	$83^\circ\ 3'\ 40''$	$202^\circ\ 53'\ 52''$	$233^\circ\ 4'\ 37''$	$30^\circ\ 10'\ 45''$	$113^\circ\ 14'\ 25''$	Cugia
40 24,3		20 1 33,34	84 12 15	114 4 0	143 5 22	29 1 22	13 37	Göransson

Declinazione magnetica

Ora civile	Posiz.° del magnete	Puntata al magnete	Puntata al meridiano magnetico	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinazione W	Osservatore
9h 30m	S	236° 25′ 10″	236° 32′ 25″	350° 23′ 10″	122° 51′ 15″	359° 23 40″	0° 36′ 20″	Cugia
	I	39 40						
9 45	I	235 56 20	235 47 45	349 38 10	123 36 15	24 0	36 0	»
	S	39 10						
10 0	S	235 39 0	235 47 5	349 38 30	123 35 55	23 0	37 0	»
	I	55 10						
10 10	I	235 55 0	235 46 20	349 38 20	123 36 5	22 25	37 35	»
	S	37 40						
10 20	S	235 37 40	235 46 30	349 38 40	123 35 45	22 15	37 45	»
	I	55 20						
10 30	I	235 50 0	235 47 5	349 38 10	123 36 15	23 20	36 40	»
	S	39 10						
10 40	S	235 38 40	235 46 50	349 38 20	123 36 5	22 55	37 5	»
	I	55 0						
10 50	I	235 55 20	235 47 10	349 38 30	123 35 55	23 5	36 55	»
	S	39 0						
11 0	S	235 39 0	235 46 55	349 39 10	123 34 27	21 22	38 38	Göransson
	I	54 50						
11 10	I	235 54 50	235 46 15	349 38 20	123 35 17	21 32	38 28	»
	S	37 40						
11 30	S	235 37 30	235 46 5	349 38 30	123 35 7	21 12	38 48	»
	I	54 40						
11 40	I	235 54 40	235 46 20	349 38 10	123 35 27	21 47	38 13	»
	S	38 0						
11 50	S	235 36 20	235 46 20	349 38 10	123 35 27	21 47	38 13	»
	I	56 20						
12 0	I	236 39 50	236 32 35	350 23 20	123 50 17	22 52	37 8	»
	S	25 20						

Valore medio della declinazione **0° 37′ 29″ W**

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago N° 1* 40° 56′. 3 Osserv. Göransson

» 2* 49 . 5 »

Valore medio dell'inclinazione I = **40°52′. 9**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillaz.	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osserva-tore
13h 30m	321s,72	33°,3	62	37	6′ 52″	+ 1s,2	Cugia
15 0	321, 76	33, 9	68	41			Göransson

Deflessioni

Ora civile	Distanza 30	Temp.	Distanza 40	Temp.	Osserva-tore
14h 0m	13° 32′ 40″	32°,2	5° 39′ 5″	32°,4	Cugia
14 30	13 33 45	32, 5	5 39 0	32, 5	Göransson

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{76400}$	$\frac{-\alpha\alpha'}{r6}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
I	3s,2172	0	0	3s,2172	10.3504	+0. 00032	—0. 01346	+0. 00214	10.2365	281. 87
II	3, 2176	0.	0	3, 2176	10.3529	0. 00032	0. 01373	0. 00214	10.2361	281. 88

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$
30	13° 32′ 10″	3162. 15	+0. 00050	+0. 01297	3204. 74	5. 45	—0. 00606	3185. 32
40	5 39 5	3154. 34	0. 00021	0. 01306	3196. 20		0. 00341	10
							media	3185. 21
30	13 33 45	3168. 20	0. 00050	0. 01310	3211. 29	9. 98	0. 01109	3175. 68
40	5 39 0	3153. 55	0. 00021	0. 01310	3195. 52		0. 00624	58
							media	3175. 63

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osserva-tore
281. 87	3185. 21	0. 29748	Cugia
281. 88	3175. 63	0. 29793	Göransson

Valore medio della componente orizzontale H = **0. 29771**

PORT SAID

L'ultima stazione magnetica della campagna fu eseguita a Port Said: le misure furono effettuate a metà lunghezza del frangi-flutti orientale, adoperando come mira un'asta verticale.

Il Signor Göransson e lo scrivente vi determinarono gli elementi magnetici indipendentemente l'uno dall'altro. Per le misure di inclinazione furono usati anche gli aghi vecchi.

Il vento leggiero non turbò per niente le misure.

Port Said - 7 Giugno 1924

Cronometro Kullberg N° 5396

$\varphi = 31^{\circ}\ 16'$ N.
$\lambda = 32^{\circ}\ 19'.6$ E. G.

Azimut della mira

t_c	Correz. assoluta	t_v	a ⊙	φ ⊙	Lettura mira	Angolo mira — ⊙	Azimut della mira	Osservatore
$4^h 57^m 36^s,9$	$+7^m 51^s, 5$	$19^h 16^m 11^s,8$	78°42′53″	241°56′43″	355°39′52″	113°33′ 9″	192°26′ 2″	Cugia
5 8 53, 6		27 28 ,5	79 56 12	63 10 7	175 39 45	112 29 38	25 50	Göransson

Declinazione magnetica

Ora civile	Posizione del magnete	Puntata al magnete	Puntata al merid. magn.	Puntata alla mira	Azimut mira — puntata mira	Azimut vero merid. magn.	Declinaz. W	Osservatore
$10^h\ 0^m$	S I	9° 8′ 20″ 21 0	9° 14′ 40″	202° 5′ 0″	350° 21′ 2″	359°35′42″	0° 24′ 18″	Cugia
10 15	I S	9 22 0 8 40	15 20	4 0	22 2	37 22	22 38	»
10 25	S I	9 8 40 22 0	15 20	4 50	21 12	36 32	23 28	»
10 40	I S	9 22 10 9 30	15 50	4 0	22 2	37 52	22 8	»
11 0	S I	9 8 40 22 40	15 30	4 0	21 50	37 20	22 40	Göransson
11 20	I S	9 22 20 8 0	15 10	3 30	22 26	37 36	22 24	»

Valore medio della declinazione **0°22′57″** W

Inclinazione magnetica

(media di 16 letture)

Ago	N° 1*	42° 40′. 5	Göransson
»	» 2*	42 39 . 9	»
vecchio	1	42 38 . 3	Cugia
	3	42 34 . 6	»

Valore medio dell'inclinazione I = **42° 38′ 3**

Componente orizzontale della forza magnetica terrestre

Oscillazioni

Ora civile	Durata di 100 oscillazioni	Temp.	Ampli-tudine α	Ampli-tudine α′	Torsione per 360°	k	Osservat.
13h 30m	321s, 12	29°, 4	57	31	9′ 12″	0s, 75	Cugia
15 30	320, 88	29, 2	67	34			Göransson

Deflessioni

Ora civile	Dist. 30	Temp.	Dist. 40	Temp.	Osservatore
14h 0m	13°49′30″	27°, 5	5°46′47″	27°, 5	Cugia
14 30	13 50 32	27 , 4	5 46 37	27 , 3	Göransson

Calcolo di M H

Serie	T_0	$\frac{k}{86400}$	$-\frac{\alpha\alpha'}{16}$	T_1	T_1^2	$\frac{\delta}{D}$	C_t	$\gamma\frac{H_0}{M_0}$	T^2	M H
I	3s,2112	0	0. 00001	3s,2112	10. 3118	+0. 00043	−0. 01174	+0. 00210	10. 2168	282. 41
II	3, 2088	0	0. 00001	3. 2088	10. 2964	0. 00043	0. 01162	0. 00210	10. 2028	282. 80

Calcolo di $\frac{M}{H}$

r	θ	$\frac{M_0}{H_0}$	$\frac{2\gamma}{r^3}$	C_τ	$\frac{M_1}{H_1}$	P	$-\frac{P}{r^2}$	$\frac{M}{H}$	Osservatore
30	13° 49′ 30″	3227 . 45	+ 0.00050	+ 0.01091	3264 . 28	2 . 17	− 0.00241	3256 . 41	
40	5 46 47	3224 . 91	0.00021	0.01091	3260 . 77		0.00135	3256 . 37	
							media	3256 . 39	Cugia
30	13 50 32	3231 . 32	0.00050	0.1086	3268 . 03	5 . 62	0.00624	3247 . 64	
40	5 46 37	3223 . 14	0.00021	0.1086	3258 . 82		0.00351	3247 . 38	
							media	3247 . 51	Göransson

M H	$\frac{M}{H}$	H	Osservatore
282 . 41	3256 . 39	0 . 29449	Cugia
282 . 80	4247 . 51	0 . 29510	Göransson

Valore medio della componente orizzontale H = **0.29480**

CONCLUSIONE

In quasi tutte le località prescelte analoghe misure erano state eseguite dal Rössler nelle campagne della Nave austro-ungarica « *Pola* » negli anni 1895-96 e 1897-98.

Accurate determinazioni aveva il prof. Palazzo compiute in Eritrea nel 1913 ed altre erano state eseguite in parecchie località dal Wallis e dal Sawyer, della *Carnegie Institution* di Washington. La Sezione Fisica del Ministero Egiziano dei Lavori Pubblici diede inoltre cortese comunicazione di altre misure eseguite sulla costa Egiziana intorno al 1910.

È quindi possibile ed utile stabilire un confronto tra le determinazioni precedenti e quelle compiute durante la campagna della *Magnaghi*.

Di particolare interesse riuscirà il confronto, per le località per le quali è stato possibile, tra i valori misurati nella campagna della *Magnaghi* ed i valori ricavati per le stesse epoche estrapolando dalle misure degli osservatori Palazzo, Wallis e Sawyer, misure che, eseguite con strumenti direttamente paragonati con gli stessi campioni e analogamente ridotte, dànno il miglior affidamento circa i valori delle variazioni col tempo degli elementi magnetici terrestri.

Località	Osservat.	Epoca	Declinaz.	Variaz. med. annuale	Inclinaz.	Variaz. med. annuale	Comp. orizz.	Variaz. med. annuale
Koseir	Rössler	1897. 0	3° 43′.9 W	— 7′.0	33° 52′.4	+ 3′.0	0. 31982	— 29γ
	Cugia	1923. 8	0 35 .6		35 12 .2		0 31200	
Port Sudan	Gov. Egiz.	1910. 0	2 28 .0 W	— 8 .5	21 32 .0	+ 0 .9	0. 3403	+ 29γ
	Wallis	1914. 4	1 50 .3	— 7 .9	21 36 .0	+ 6 .5	0. 34046	— 15
	Sawyer	1918. 4	1 18 .6	— 7 .3	22 2 .0	+ 6 .0	0. 33986	— 14
	Cugia	1923. 8	0 39 .4	— 5 .5	22 36 .7		0. 33911	— 9
	»	1924. 4	0 45 .4				0. 33933	
Aden	Rössler	1897. 0	2 16 .6 W	12 .4 E	6 6 .5	+12 .4	0. 35447	+ 8γ
	Wallis	1914. 4	0 44 .5 W	6 .2 E	7 38 .8	+ 8 .4	0. 35506	— 14
	Sawyer	1918. 7	0 17 .8 W	7 .8 E	8 14 .6	— 0 .1	0. 35454	— 25
	Cugia	1923. 9	0 22 .7 E	6 .6 E	8 14 .0	— 0 .4	0. 35324	— 39
	»	1924. 3	0 19 .4 E		8 12 .3		0. 35238	
Assab	Rössler	1897. 0	2 34 .5 W	— 4 .5	6 6 .5	+ 3 .9	0. 35076	— 0γ
	Cugia	1923. 9	0 33 .0 W		7 53 .6		0. 35079	
Asmara	Palazzo	1913. 2	1 40 .4 W	—10 .4	12 8 .9	+ 4 .3	0. 34827	— 12γ
	Wallis	1914. 8	1 25 .8	— 9 .4	12 14 .9	+ 9 .2	0. 34810	— 2
	Sawyer	1918. 4	0 52 .0	— 5 .2	12 48 .1	+ 3 .4	0. 34804	— 14
	Cugia	1924. 0	0 22 .7		13 9 .0		0. 34728	
Adjuz	In quest'isola non erano mai state eseguite accurate determinazioni magnetiche. Si ricavano perciò i valori degli elementi magnetici all'epoca della campagna del « Pola » interpolando tra i valori ottenuti nell'isola Daramsas (lat. 14° 45′ N, long. 40° 53′.1 E. G.) e Nocra (lat. 15° 43′.7 N, long. 39° 57′.1 E. G.) tra le quali l'isola di Adjuz occupa una posizione intermedia.							
	Rössler	1897. 0	3° 4′.3 W	— 6′.0	11° 20′.3	+ 4′.4	9. 35001	— 13γ
	Lupinacci	1924. 1	0 21 .3		13 19 .6		0. 34736	
Dahalac Kebir	Anche in quest'isola non furono mai eseguite determinazioni magnetiche: dalle misure finora però fatte dal Rössler e dal professor Palazzo sull'isola di Nocra che dista poche miglia dal punto di stazione del 1924							
	Rössler	1897. 0	3° 11′.7 W	— 6′.3	12° 29′.1	+ 2′.2	0. 34952	— 8γ
	Palazzo	1913. 6	1 27 .0	— 7 .5	13 5 .7	+ 0 .8	0. 34807	— 2
	Lupinacci	1924. 2	0 7 .6		13 13 .1		0. 34783	
Massaua	Rössler	1897. 0	3 35 .3 W	— 7 .4	12 8 .7	+ 2 .5	0. 34941	— 8γ
	Sligh	1911. 3	1 48 .8	— 7 .4	12 42 .0	+ 5 .3	0. 34834	— 7
	Palazzo	1913. 6	1 31 .8	— 9 .3	12 54 .2	+ 3 .2	0. 34819	+ 10
	Wallis	1914. 8	1 20 .6	— 6 .6	12 58 .1	+ 7 .8	0. 34831	— 18
	Sawyer	1918. 4	0 57 .0	— 5 .4	13 26 .2	+ 3 .3	0. 34766	— 12
	Lupinacci	1924. 2	0 25 .4		13 45 .2		0. 34698	
Gedda	Rössler	1897. 0	2 53 .2 W	6 .9 E	24 57 .6	+ 3 .2	0. 33893	— 15γ
	Sawyer	1918. 7	0 23 .3	5 .9 E	26 6 .3	+ 9 .5	0. 33577	+ 8
	Cugia	1924. 4	0 9 .6		27 0 .6		0. 33617	
Hurghada	I valori degli elementi magnetici terrestri determinati a Hurghada potrebbero essere paragonati solamente con quelli ottenuti dal Rössler a Shadwan (lat. 27° 30′ N, long. 33° 48′.7 E. G.) ed a Ras Abu Somer (lat. 26° 51′.1 N, long. 33° 59′ E. G.). Però le irregolarità che l'andamento delle linee isomagnetiche presenta nello stretto di Yubal, non consentono di stabilire un rapporto con un valore interpolato.							
Suez	Rössler	1897 ·0	3° 55′.3 W	— 6′.3	40° 27′.4	+ 0′·8	0. 30354	— 8γ
	Gov. Egiz.	1910. 0	2 33 .0	— 8 .4	40 38 .0	+ 2 .6	0. 3018	+ 2
	Wallis	1914. 4	1 56 .0	—10 .3	40 39 .4	+ 5 .6	0. 30190	— 29
	Sawyer	1918. 7	1 22 .0	— 7 .7	41 8 .0	— 2 .6	0. 30096	— 57
	Cugia	1924. 4	0 37 .5		40 52 .9		0. 29771	
Port Said	Gov. Egiz.	1910. 0	2 20 W	— 8 .1	42 33 .0	+ 0 .4	0. 2958	— 8γ
	Cugia	1924. 4	0 22 .9		42 38 .3		0. 29480	

Confronto tra i risultati delle misure del 1923-24 ed i contemporanei valori ottenuti per estrapolazione

Località	Epoca	Declinazione		Inclinazione		Componente orizz.le	
		Misura diretta	Val. estrapol.	Misura diretta	Val. estrapol.	Misura diretta	Val. estrapol.
Port Sudan	1923.8	0° 39'.2 W	0° 35'.9 W	22° 36'.7	22° 37'.1	0.3391	0.3391
»	1924.4	0 45 .4	0 31 .0			0.3393	0.3390
Aden	1923.9	0 22 .7 E	0 16 .3 E	8 14 .0	7 30 .9	0.3532	0.3538
»	1924.3	0 19 .4	0 16 .9	8 12 .3	7 27 .6	0.3521	0.3537
Asmara	1924.0	0 22 .7 W	0 25 .0 E	13 9 .0	13 30 .0	0.3473	0.3472
Massaua	1924.2	0 25 .4 W	0 16 .0 W	13 45 .2	14 15 .0	0.3470	0.3471
Suez	1924.4	0 37 .5 W	0 23 .3 W	40 52 .9	41 39 .9	0.2977	0.2993

Il confronto dei valori ottenuti nella campagna del 1923-24 con i valori ricavati nelle precedenti misure non dimostra forti anomalie nelle variazioni medie per anno dei varî elementi nelle singole località.

È da notarsi una leggiera diminuzione nella variazione secolare della declinazione, variazione che già il Prof. Palazzo aveva rilevato dalle ultime misure eseguite in Eritrea (*Contributo allo studio delle variazioni magnetiche secolari nell'Eritrea - Giugno 1922*).

Per contro la componente orizzontale dell'intensità magnetica terrestre denota tendenza a diminuire più rapidamente, mentre l'incremento annuale della inclinazione magnetica è quasi ovunque leggermente diminuito.

Una forte anomalia è presentata dalle misure eseguite ad Assab, ove i tre elementi magnetici non hanno accusato una forte variazione: l'irregolare andamento delle curve isomagnetiche ricavate nella campagna del « *Pola* » per la zona intorno allo stretto di Bab el Mandeb (v. cartine 1, 2, 3) dimostra però come non sia ammissibile per quella regione un graduale andamento dei valori contemporanei degli elementi magnetici terrestri, nè una loro variazione analoga a quella delle località prossime, e ciò sopratutto in dipendenza della speciale formazione geologica dello stretto.

Il valore della declinazione a Massaua diverge sensibilmente da quello estrapolato dalle misure Palazzo-Wallis-Sawyer. A tal proposito il Prof. Palazzo rileva come il giorno nel quale fu eseguita la determinazione (31 marzo 1924) risulti uno dei più perturbati del mese.

Purtroppo le esigenze di vario genere della breve campagna non hanno permesso di distribuire le misure sulla costa Orientale del Mar Rosso in quantità sufficiente per fissare le idee sull'andamento generale del magnetismo terrestre in tutta quella regione. Però le determinazioni eseguite, nonostante il loro carattere di misure di campagna, potranno egregiamente contribuire ad una maggiore conoscenza del Mar Rosso sotto questo riguardo.

Nella tabella che segue sono riuniti tutti i valori ricavati nelle varie stazioni e sulla carta n. 4 sono indicate le località nelle quali furono eseguite le determinazioni.

Riassunto dei valori degli elementi magnetici terrestri ricavati nella campagna della « Magnaghi » ridotti all'epoca 1925,0

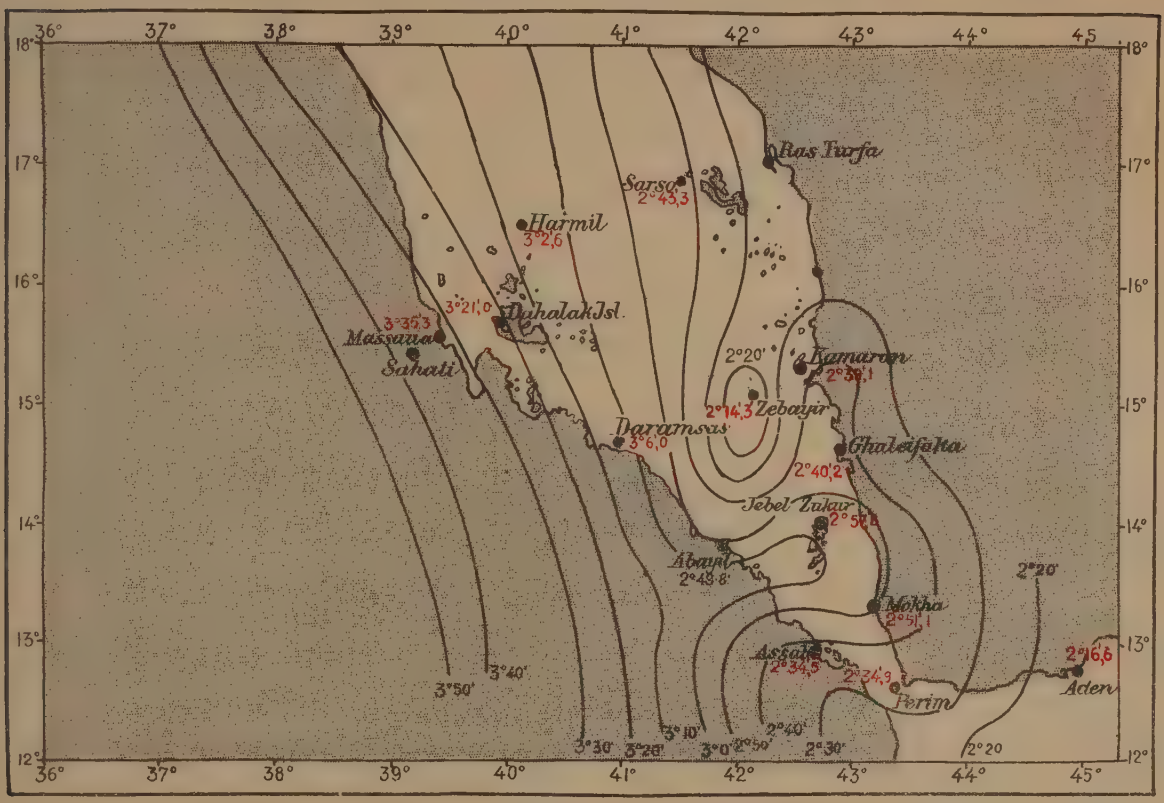
Località	Latitudine N	Longitudine E	Declinazione	Inclin. boreale	Componente orizzontale
Koseir	26° 6′ 2	34° 17′,1	0° 34′ W	35° 12′	0. 3120
(*)	21 0	38 10	0 39 W		
Port Sudan (**)	19 36,2	37 13,2	0 42 W	22 41	0. 3392
Aden (**)	12 48	45 0	0 21 E	8 13	0. 3528
Assab	13 0	42 44,8	0 33 W	7 54	0. 3508
Asmara	15 20,2	38 55,8	0 23 W	13 9	0. 3473
Adjuz	15 13,3	40 12,8	0 22 W	13 19	0. 3474
Dahalac Kebir	15 46,1	39 57,1	0 9 W	13 37	0. 3478
Massaua	13 36,7	39 27,3	0 27 W	13 45	0. 3470
Gedda	21 29,5	39 12,1	0 17 E	26 56	0. 3361
Hurghada	27 13,9	33 50,8	0 50 W	38 0	0. 3122
Suez	29 55,6	32 35	0 40 W	40 53	0. 2980
Port Said	31 16	32 19,6	0 27 W	42 38	0. 2948

(*) Determinazione di declinazione in mare con giro d'orizzonte alla bussola e azimut solari.
(**) Sono dati i valori medii ricavati dalle due misure.

MAR ROSSO MERIDIONALE

LINEE DI UGUALE DECLINAZIONE MAGNETICA

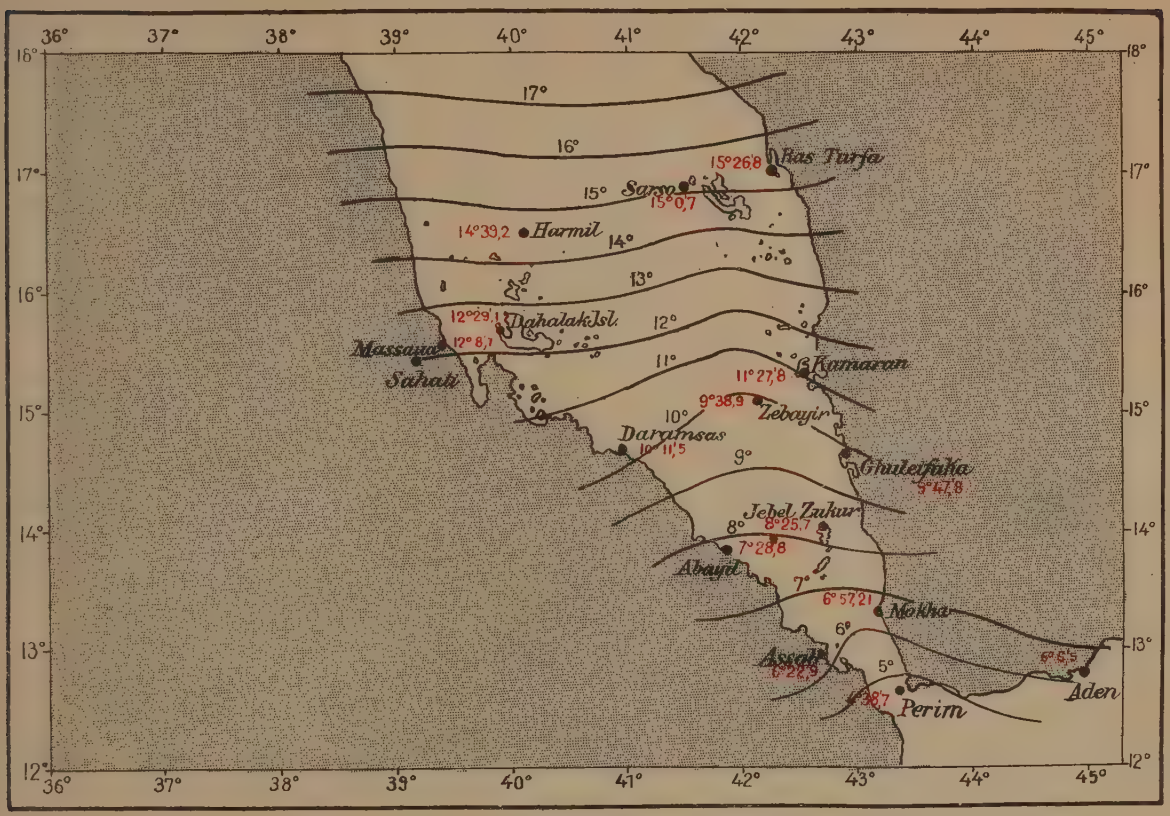
Campagne della Nave Austriaca "POLA,, anni 1895-96 e 1897-98



MAR ROSSO MERIDIONALE

LINEE DI UGUALE INCLINAZIONE MAGNETICA

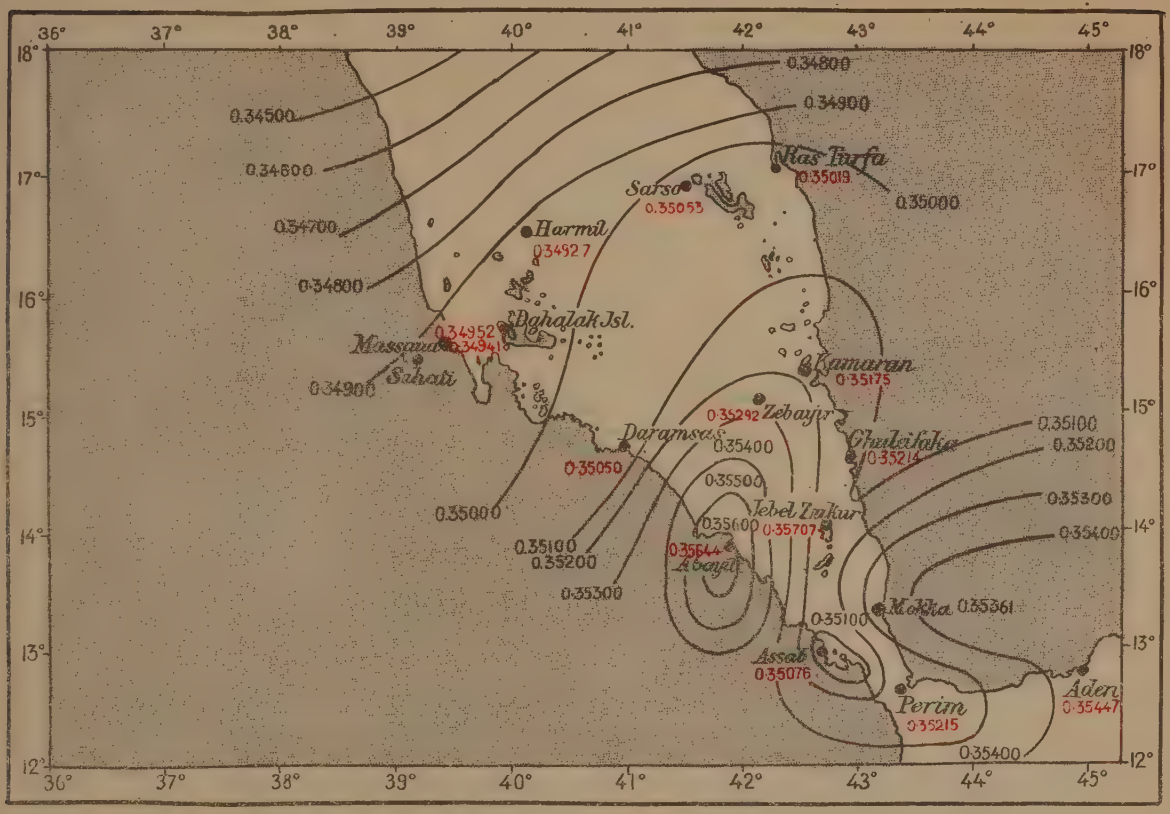
Campagne della Nave Austriaca "POLA,, anni 1895-96 e 1897-98

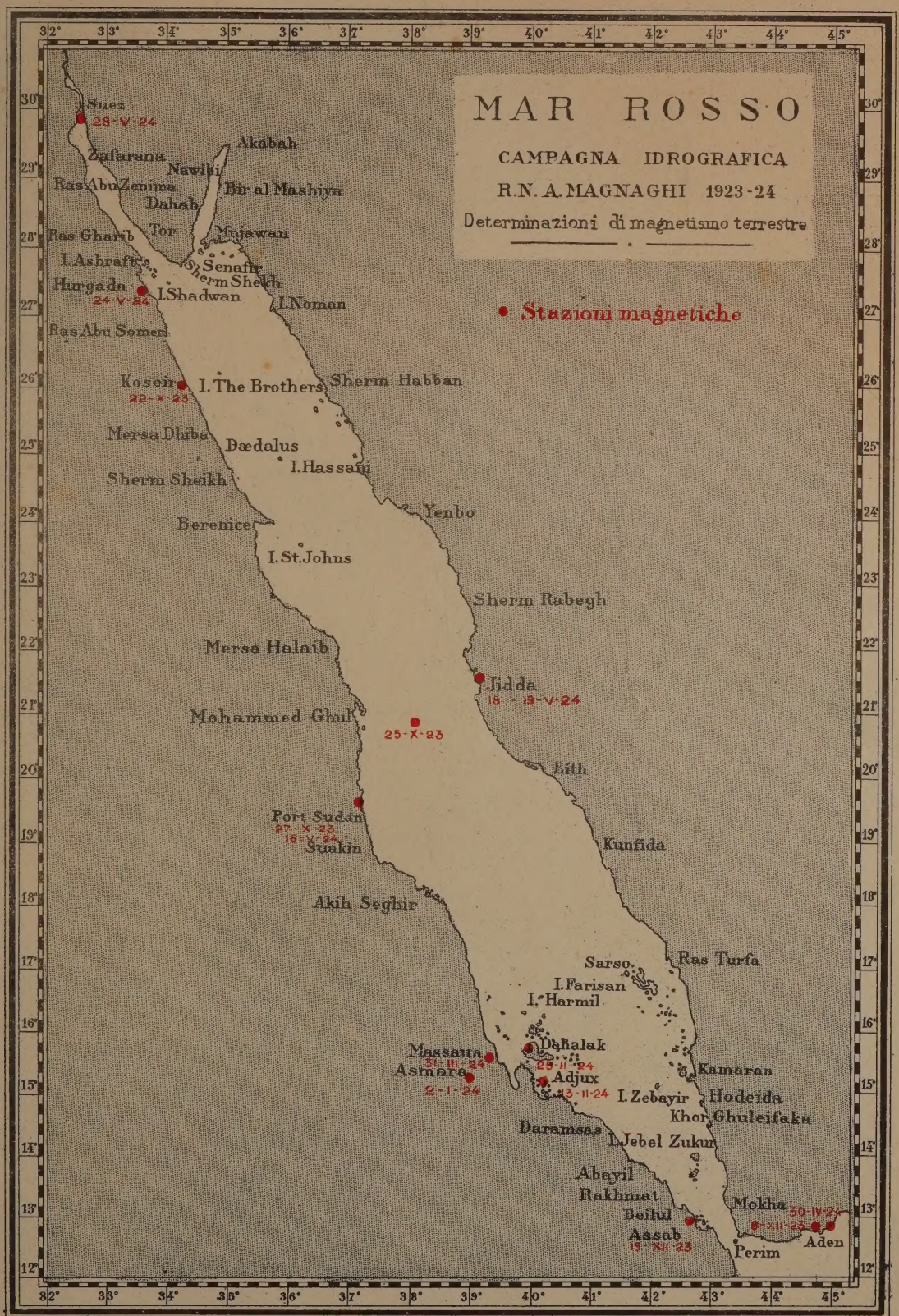


MAR ROSSO MERIDIONALE

LINEE DI UGUALE COMPONENTE ORIZZONTALE

Campagne della Nave Austriaca "POLA„ anni 1895-96 e 1897-98




MAR ROSSO
CAMPAGNA IDROGRAFICA
R.N.A. MAGNAGHI 1923-24
Determinazioni di magnetismo terrestre
Stazioni magnetiche
Suez
28-V-24
Akabah
Zafarana
Nawibi
Ras Abu Zenima
Bir al Mashiya
Dahab
Ras Gharib
Tor
Mujawan
I. Ashrafi
Senafir
Sherm Sheikh
Hurgada
24-V-24
I. Shadwan
I. Noman
Ras Abu Somer
Kosein
22-X-23
I. The Brothers
Sherm Habban
Mersa Dhiba
Dædalus
I. Hassani
Sherm Sheikh
Yenbo
Berenice
I. St. Johns
Sherm Rabegh
Mersa Halaib
Jidda
18 - 19-V-24
Mohammed Ghul
25-X-23
Lith
Port Sudan
27-X-23
16-X-24
Suakin
Kunfida
Akik Seghir
Sarso
Ras Turfa
I. Farisan
I. Harmil
Massaua
31-III-24
Dahalak
25-II-24
Asmara
2-I-24
Adjux
13-II-24
Kamaran
I. Zebayir
Hodeida
Khor Ghuleifaka
Daramsas
I. Jebel Zukur
Abayil
Rakhmat
Mokha
30-IV-24
Beilul
8-XII-23
Aden
Assab
19-XII-23
Perim
32° 33° 34° 35° 36° 37° 38° 39° 40° 41° 42° 43° 44° 45°
30' 29' 28' 27' 26' 25' 24' 23' 22' 21' 20' 19' 18' 17' 16' 15' 14' 13' 12'